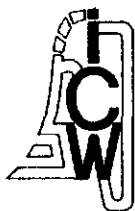


NN31545.1610

ICW nota 1610^I

april 1985



nota

— instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen —

RIJSNELHEID OP PLATTELANDSWEGEN

De invloed van weg- en omgevingskenmerken op de
rijsnelheid van personenauto's

A.C.M. Lambregts

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking

2 JULI 1985



7-11 222 075-01

I N H O U D

	Blz.
VOORWOORD	
SAMENVATTING	
1. PROBLEEMSTELLING	1
2. LITERATUURONDERZOEK	2
2.1. Inleiding	2
2.2. Enkelvoudige relaties met invloedsvariabelen	3
2.2.1. Algemeen	3
2.2.2. Zicht langs de wegas	4
2.2.3. Vrijebaanbreedte	6
2.2.4. Bermbreedte	6
2.2.5. Verhardingsbreedte	6
2.2.6. Bochtigheid, kromming van de wegas	8
2.2.7. Aard en vlakheid van het wegdek	10
2.2.8. Omgeving	11
2.2.9. Verkeersintensiteit en -samenstelling	11
2.3. Samengestelde relaties met invloedsvariabelen	13
2.4. Conclusies	16
3. ONDERZOEKSOPZET	17
3.1. Inleiding	17
3.2. Meettechniek rijsnelheid	18
3.3. Meettechniek invloedsfactoren	22
3.3.1. Vrijebaanbreedte, verhardingsbreedte en bermbreedte	22
3.3.2. Zichtlengte	23
3.3.3. Bochtigheid	24
3.3.4. Wegomgeving	24
3.3.5. Uitritten	26
3.4. Samenvatting onderzoeksopzet	26

	Blz.
4. VERZAMELING EN ANALYSE VAN DE GEGEVENS	27
4.1. Inleiding	27
4.2. Keuze rekenmodellen	30
4.3. Selectie van de best bruikbare vergelijkingen	33
4.4. Resultaten regressie-analyse	34
4.4.1. Algemeen	34
4.4.2. Doorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m (groep I)	36
4.4.3. Doorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m (groep II)	37
4.4.4. Ondoorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m (groep III)	39
4.4.5. Ondoorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m (groep IV)	41
4.4.6. Vergelijking tussen de groepen onderling	43
4.5. Samenvatting regressie-analyse	48
5. VERGELIJKING VAN DE RESULTATEN MET VORIGE STUDIES	50
6. VOORTZETTING VAN HET ONDERZOEK	53
LITERATUUR	54
BIJLAGEN	

VOORWOORD

Voor u ligt het resultaat van een studie die door mij, in het kader van een gecombineerde scriptie voor de Vakgroepen Cultuurtechniek en Weg- en Waterbouwkunde en Irrigatie van de Landbouwhogeschool Wageningen, werd verricht bij het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Afdeling Verkeer en Wegen te Wageningen.

Het betreft een onderzoek naar de invloed van weg- en omgevingskenmerken op de rijsnelheid van personenauto's op plattelandswegen.

Mijn dank gaat uit naar de heren C.F. Jaarsma van de Vakgroep Cultuurtechniek en H. van Smaalen van de Vakgroep Weg- en Waterbouwkunde en Irrigatie voor hun begeleiding bij het maken van deze scriptie.

In het bijzonder wil ik danken de heren Th. Michels en Th.G.C. van der Heijden van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding voor de intensieve samenwerking en goede begeleiding bij dit onderzoek.

Wageningen, maart 1985

Alfons Lambregts

SAMENVATTING

In de jaren zeventig is onderzoek gedaan naar het snelheidsgedrag van automobilisten op niet-snelwegen buiten de bebouwde kom. In verband met de evaluatie van wegenplannen is actualisering en toespitsing op plattelandswegen van dit onderzoek gewenst.

Op grond van literatuuronderzoek, en met het oog op het doel van dit onderzoek, werd besloten te onderzoeken wat de invloed is van de variabelen bochtigheid, zichtlengte, vrijbaanbreedte, verhardingsbreedte, bermbreedte, doorzichtigheid van de wegomgeving en het aantal uitritten/100 m op de gemiddelde- en 85%-snelheid van personenauto's.

In de zomer en herfst van 1984 werden met behulp van radarapparatuur snelheidsmetingen verricht op plattelandswegen in de provincies Gelderland, Utrecht en Noord-Brabant. De verzamelde gegevens werden op grond van de doorzichtigheid van de wegomgeving en het aantal uitritten/100 m ingedeeld in vier groepen:

- doorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m
- doorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m
- ondoorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m
- ondoorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m

Door middel van regressie-analyse werd aangetoond dat de gemiddelde- en 85%-snelheid van de eerste drie groepen het nauwkeurigst voorspeld worden door de variabelen bochtigheid verhardingsbreedte, en wel als volgt:

$$\begin{aligned}\bar{v} &= 63,7 \log VH - 0,265D + 28,1 & \text{corr. coëff.} & R = 0,70 \\ & & \text{res. stand. afw. } S &= 6,7 \text{ km/uur} \\ v_{85} &= 71,3 \log VH - 0,329D + 35,1 & \text{corr. coëff.} & R = 0,72 \\ & & \text{res. stand. afw. } S &= 7,7 \text{ km/uur}\end{aligned}$$

Hierin zijn: \bar{v} = gemiddelde snelheid (km/uur)
 v_{85} = 85%-snelheid (km/uur)
 D = bochtigheid (dm/100 m)
 VH = verhardingsbreedte (m)

De gemiddelde- en 85%-snelheid van de vierde groep liggen lager dan die van de eerste drie groepen en worden het nauwkeurigst voorspeld door de vrijbaanbreedte, in formule:

$$\begin{array}{llll} \bar{v} & = 137,8 \log VB - 53,4 & \text{corr. coëff.} & r = 0,62 \\ & & \text{res. stand. afw. } S & = 4,9 \text{ km/uur} \\ v_{85} & = 173,0 \log VB - 72,7 & \text{corr. coëff.} & r = 0,62 \\ & & \text{res. stand. afw. } S & = 6,1 \text{ km/uur} \end{array}$$

Hierin is: VB = vrijebaanbreedte (m)

Het verschil tussen de eerste drie groepen enerzijds en de vierde groep anderzijds, wordt toegeschreven aan de combinatie van ondoorzichtigheid van de wegomgeving en een groot aantal uitritten/100 m in de vierde groep. Door de grote kans op dwarsconflicten (met verkeer uit uitritten) wordt de snelheid aangepast.

Toevoeging van meer variabelen aan bovenstaande vergelijkingen leidde niet tot een nauwkeuriger voorspelling van de gemiddelde- en 85%-snelheid.

Voortzetting van het onderzoek dient zich te richten op het verband tussen zichtbaarheid en herkenbaarheid van uitritten en snelheid van automobilisten.

Een methode om het doorzicht van de wegomgeving in maat en getal vast te leggen is gewenst om een eenduidige indeling in doorzichtige- en ondoorzichtige wegomgeving mogelijk te maken. Voor de berekening van reistijden over wegvakken is onderzoek gewenst naar het verband tussen de gemiddelde snelheid over een wegvak en gemiddeld voor dat wegvak geldende invloedsvariabelen (b.v. gemiddelde verhardingsbreedte of vrijebaanbreedte).

1. PROBLEEMSTELLING

In de jaren zeventig werd door MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973; 1978) een onderzoek uitgevoerd naar het snelheidsgedrag van automobilisten op niet-snelwegen buiten de bebouwde kom. Kennis omtrent dit snelheidsgedrag werd noodzakelijk geacht om de volgende redenen:

1. Ten behoeve van het wegontwerp dient men in verband met capaciteits- en veiligheidsoverwegingen op de hoogte te zijn van de invloed welke de diverse weg- en verkeerskenmerken uitoefenen op de rijsnelheid van met name de snelste voertuigcategorie; te weten personenauto's.
2. Bij de kwantificering van baten voor het verkeer bij de evaluatie van wegenplannen in het kader van de landinrichting moet voor de berekening van reistijdwinsten op bepaalde wegvakken de gemiddelde snelheidsverandering geschat kunnen worden.
3. Bij het ontwikkelen van een wiskundig verkeersmodel is ten behoeve van de ritdistributie en de rittoedeling (routekeuze) een zo goed mogelijke schatting benodigd van het reisbezwaar tussen diverse knooppunten in een wegennet. Een belangrijk component hierin is de reistijd op de diverse wegvakken, welke afhangt van de gemiddelde rijsnelheid.

Wijzigingen in de infrastructuur hebben ook gevolgen voor de verkeersveiligheid, een moeilijk te kwantificeren begrip dat echter ook bij de evaluatie van wegenplannen een rol speelt (REGTERSCHOT, 1983). Het ICW heeft een onderzoek gestart naar de verkeersonveiligheid op plattelandswegen. Een eerste verkennende fase in het onderzoek naar de verkeersonveiligheid (NIEUWENHOF en MICHELS, 1983) heeft aangetoond dat het aantal ongevallen op plattelandswegen vrij groot is. Kenmerkend is onder meer dat er in vergelijking met planwegen meer enkelvoudige ongevallen (met slechts één rijdend voertuig) plaatsvinden, en meer ongevallen bij uitritten.

Dit heeft uitgemondd in het voorstel van het ICW om te onderzoeken:

1. in welke mate weg- en verkeerskenmerken, menselijke factoren of voertuigkenmerken bepalend zijn voor het voorkomen van enkelvoudige ongevallen op plattelandswegen;
2. of er een relatie bestaat tussen de zichtbaarheid en herkenbaarheid van uitritten en de frequentie en ernst van verkeersongevallen ter plaatse.

De voertuigsnelheid is een belangrijk verkeerskenmerk dat ongetwijfeld in beide vraagstellingen mede bepalend zal zijn zowel voor het voorkomen als voor de ernst van ongevallen. Met name het verband tussen voertuigsnelheid en via reconstructies beïnvloedbare weg- en verkeerskenmerken vormt een aangrijpingspunt voor verbetering van de verkeersveiligheid in het kader van de landinrichting.

Een hernieuwd onderzoek naar het snelheidsgedrag van automobilisten op plattelandswegen is daarom gewenst.

De probleemstelling kan nu als volgt worden omschreven:

'Welke vormgevingsfactoren (dwarsprofiel, lengteprofiel, tracé, landschap) en verkeerskenmerken (intensiteit, samenstelling) zijn bepalend voor de rij snelheid van automobilisten op plattelandswegen, en hoe luidt een eventueel functioneel verband van de snelheid met deze factoren?'

Middels een literatuuronderzoek zal eerst worden nagegaan of er recent nieuwe inzichten zijn ontstaan in de factoren die rij snelheden op plattelandswegen kunnen beïnvloeden. Dit zal uitmonden in de keuze van een aantal variabelen die onderzocht zullen worden op hun veronderstelde verband met de rij snelheid.

2. LITERATUURONDERZOEK

2.1. Inleiding

Alvorens wordt overgegaan tot bespreking van de relevante literatuur wordt hier kort ingegaan op enige belangrijke begrippen die vaak gebruikt zullen worden.

De rij snelheid kan in principe op twee manieren gemeten worden, door middel van:

1. tijd-lengtemeting, hierbij wordt de gemiddelde rij snelheid van een voertuig berekend uit de geregistreeerde tijdsduur waarin een voertuig een traject aflegt en de lengte van dit traject;
2. puntmeting, hierbij wordt met behulp van snelheidsdetectie-apparaat de momentane rij snelheid van een voertuig op een punt van de weg gemeten.

De gemeten snelheden kan men op verschillende manieren presenteren. De meest voorkomende karakteristieken van de snelheidsverdeling voor een bepaalde meetsituatie zijn:

1. de gemiddelde snelheid, in km/uur;
2. de 85%-snelheid, in km/uur, dat is de snelheid die door 85% van de automobilisten niet wordt overschreden.

Voorts kan men de gemiddelde- of 85%-snelheid berekenen voor alle voertuigen of voor bepaalde voertuigcategorieën, bijvoorbeeld alleen voor personenauto's.

In de inleiding werd al aangegeven dat voor de evaluatie van wegenplannen de relatie tussen vormgevingsfactoren van de weg en de snelheid op plattelandswegen erg belangrijk is. Hier heeft het literatuuronderzoek zich dan ook op toegespitst.

De helling van de weg, in heuvelachtig gebied een belangrijke invloedsvariabele, is in Nederland van weinig belang. Hier is in het literatuuronderzoek verder niet op ingegaan. De onderzoeken waarbij de helling van de weg als een van de belangrijkste variabelen naar voren kwam, zijn hier buiten beschouwing gebleven.

2.2. Enkelvoudige relaties met invloedsvariabelen

2.2.1. Algemeen

In het volgende worden achtereenvolgens de relaties van de gemiddelde- (\bar{v}) en/of 85%-snelheid (v_{85}) in km/uur) met de volgende invloedsvariabelen behandeld:

- het zicht langs de wegas;
- de vrijebaanbreedte;
- bermbreedte;
- verhardingsbreedte;
- bochtigheid, kromming van de wegas;
- aard van het wegdek;
- omgeving;
- verkeersintensiteit en samenstelling.

Bij iedere auteur wordt ingegaan op de manier waarop men te werk is gegaan. De volgende punten zijn van belang:

- punt- of tijdlengtemeting;
- indeling in voertuigcategorieën;
- het aantal locaties waarop gemeten is;
- soort wegen waarop gemeten is;
- het aantal voertuigen dat per locatie werd gemeten;
- eventuele relaties tussen snelheid en invloedsfactoren; hierbij wordt dikwijls de correlatiecoëfficiënt (r) gegeven.

2.2.2. Zicht langs de wegas

Een duidelijk verband tussen zichtlengte en momentane snelheid en tussen zichtlengte en de snelheid over een traject werd gevonden door WAHLGREN (1967), op tweestrooks-rurale wegen in Finland.

Momentane snelheden werden op 38 locaties gemeten. Per locatie en per richting werd ± 4 uur gemeten bij een gemiddelde intensiteit van 87 voertuigen per uur in de gemeten richting en 171 voertuigen/uur in twee richtingen. Het verband voor personenauto's tussen momentane snelheid en zichtlengte was als volgt:

$$\bar{v} = 26,1 \log Z + 15,3 \quad (1)$$

Z = gemiddelde zichtlengte in m, gemeten op het meetpunt en 200 m voor en na het meetpunt

$$r = 0,69$$

In Nederland werd een verband gevonden tussen zichtlengte en momentane snelheid door MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973). Zij hebben op 23 locaties op niet-snelwegen buiten de bebouwde kom gemeten. In iedere richting werden ca. 125 personenauto's geregistreerd.

De relatie tussen zichtlengte en gemiddelde snelheid was:

$$\bar{v} = 28,2 \log Z - 2,8 \quad (2)$$

Z = zichtlengte in m, gemeten vanaf een punt 100 m voor het snelheidsmeetpunt

$$r = 0,75$$

VAN DONGEN (1980) heeft op dezelfde manier een verband aangetoond tussen snelheid en zichtlengte. Daartoe werden metingen verricht op 4 locaties op plattelandswegen, waarbij per richting weer ca. 125 personenauto's werden waargenomen.

De gevonden relaties waren hier:

$$\bar{v} = 19,06 \log Z + 29,2 \quad (3)$$

$$r = 0,95$$

$$v_{85} = 24,53 \log Z + 23,1 \quad (4)$$

$$r = 0,92$$

De curven behorend bij (2) en (3) zijn te zien in fig. 1. Het verschil in de beide curven kan worden verklaard uit het feit dat door Michels en Van der Heijden doorgaans een lagere gemiddelde snelheid werd gemeten (gemiddeld over alle meetpunten 68,9 km/uur) dan door Van Dongen (gemiddeld alle meetpunten 79,2 km/uur). Dit verschil is waarschijnlijk aan andere oorzaken dan de zichtlengte toe te schrijven.

De vergelijking van Van Dongen heeft betrekking op een zeer klein aantal meetpunten (4) en is daardoor minder betrouwbaar dan de vergelijking die gevonden is door Michels en Van der Heijden.

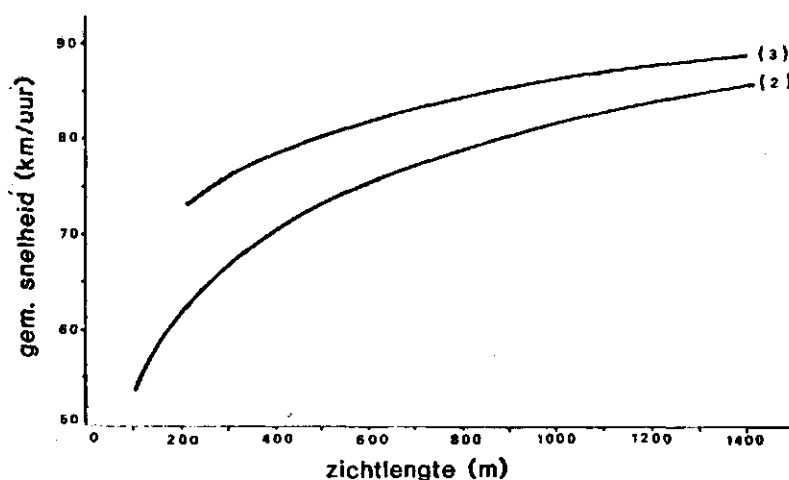


Fig. 1. Relatie tussen zichtlengte en gemiddelde snelheid door MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973) (2) en VAN DONGEN (1980) (3)

2.2.3. Vrijebaanbreedte

De vrijebaanbreedte van een weg werd door MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973) gedefinieerd als de kruinbreedte of, indien zich in of naast de berm obstakels bevinden, de beschikbare breedte tussen deze zijdelingse obstakels.

Het volgende verband tussen vrijebaanbreedte en gemiddelde snelheid werd gevonden:

$$\bar{v} = 27,6 \log VB + 41,1 \quad (5)$$

VB = vrijebaanbreedte in m

r = 0,31.

Dit verband is dus erg zwak.

VAN DONGEN (1980) heeft dezelfde relatie op dezelfde manier onderzocht. De variatie in de vrijebaanbreedte bij de 15 meetpunten in dit onderzoek was echter zo gering dat op grond hiervan geen betrouwbare uitspraak kon worden gedaan.

2.2.4. Bermbreedte

WAHLGREN (1967) vond een positief verband tussen eenzijdige bermbreedte en de gemiddelde snelheid over een traject en de gemiddelde momentane snelheid. Voor het laatste geldt voor personenauto's:

$$\bar{v} = 7,6 BB + 76,2 \quad (6)$$

\bar{v} = hierbij gemeten op de rijstrook langs de berm waarvan de breedte gemeten is;

BB = eenzijdige bermbreedte in m ter plaatse van het snelheidsmeetpunt;

r = 0,46.

2.2.5. Verhardingsbreedte

MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973) vonden een zwak verband tussen verhardingsbreedte en gemiddelde momentane snelheid van personenauto's:

$$\bar{v} = 3,6 VH + 49,0 \quad (7)$$

VH = verhardingsbreedte ter plaatse van het snelheidsmeetpunt;

r = 0,29.

De verhardingsbreedte varieerde hier van 4,2 tot 7,8 m.

WIND (1975) onderzocht dezelfde relatie op 3 locaties op plattelandswegen (3,2; 5,0 en 6,0 m) op gelijke wijze. Met behulp van een statistische toets werd aangetoond dat het verband tussen snelheid en verhardingsbreedte significant was. Op dezelfde manier kwam VAN DONGEN (1980) tot dezelfde conclusie bij meting op 6 locaties op plattelandswegen (verhardingsbreedte 3,2-6,2 m). De gevonden verbanden waren respectievelijk:

$$\bar{v} = 4,2 \text{ VH} + 61,3 \quad (\text{WIND, 1975}) \quad (8)$$

$$\bar{v} = 5,5 \text{ VH} + 56,4 \quad (\text{VAN DONGEN, 1980}) \quad (9)$$

Beide vergelijkingen (8 en 9) hebben betrekking op een gering aantal meetpunten en zijn daardoor minder betrouwbaar dan (7).

De curven behorend bij (7), (8) en (9) zijn te zien in fig. 2. Ook hier is het verschil tussen (7) enerzijds en (8) en (9) anderzijds weer toe te schrijven aan het verschil in gemiddelde snelheid over alle meetpunten bij de verschillende onderzoeken, waarbij het optredende verschil waarschijnlijk verklaart moet worden uit andere factoren dan de verhardingsbreedte.

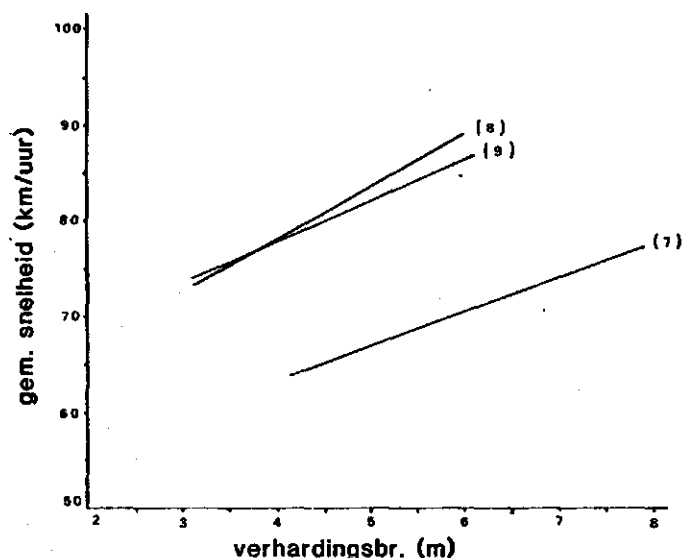


Fig. 2. Relatie tussen verhardingsbreedte en gemiddelde snelheid volgens MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973) (7), WIND (1975) (8) en VAN DONGEN (1980) (9)

2.2.6. Bochtigheid, kromming van de wegas

RITCHIE (1972) verrichtte onderzoek naar de snelheid die bestuurders in bochten aanhouden. Uit eerder onderzoek was al gebleken dat automobilisten in bochten met lage ontwerpssnelheid relatief sneller rijden dan in bochten met een hoge ontwerpssnelheid. In aansluiting hierop werd het effect van waarschuwborden onderzocht.

De resultaten duiden erop dat de informatie die door de borden wordt gegeven, de chauffeur meer zekerheid geeft omtrent hetgeen hem te wachten staat. Hierdoor zal hij zijn snelheid hoger kiezen. Een en ander werd onderzocht met behulp van proefpersonen die een traject met een aantal bochten af moest leggen.

WAHLGREN (1967) drukte de gemiddelde bochtigheid van een traject uit als de som van de hoeken van de bochten in dat traject gedeeld door de lengte van dat traject. Het verband met de gemiddelde snelheid over een traject was als volgt:

$$\bar{v} = -9,4 D + 87,6 \quad (10)$$

D = gemiddelde bochtigheid als boven beschreven (graden/km);

r = 0,86.

Verder vond hij ook dat de standaardafwijking van de snelheden afnam met de (toenemende) bochtigheid). Wahlgren vond geen verband tussen gemiddelde momentane snelheid in een bocht, en de straal van de bocht waarin deze gemeten werd. Het ontbreken van dit verband werd toegeschreven aan de grote straal van de bochten waarin gemeten werd (minimaal 1100 m).

MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973) drukten de bochtigheid uit als de gesommeerde verdraaiing van de wegas (per 10 m) over een traject van 100 m voor het snelheidsmeetpunt.

Het verband tussen gemiddelde momentane snelheid en bochtigheid was als volgt:

$$\bar{v} = -0,32 D + 72,32 \quad (11)$$

D = verdraaiing van de wegas (dm/100 m);

r = 0,62.

BLAAUW (1975) deed een onderzoek naar het kijk- en rijgedrag van automobilisten op enkele gebogen en rechte weggedeelten op snelwegen.

In 2 bochten werd het snelheidsverloop nagegaan. In de bocht met de grootste straal (95 m) werd sneller gereden dan in de bocht met een kleinere straal (83,6 m). Bij het rijden in bochten wordt het minimum niveau in snelheid op weg 1 (83,6 m) reeds in het begin van het cirkelvormige gedeelte bereikt. Op weg 2 blijft de snelheid dalen tot aan het midden van het cirkelvormige gedeelte. In bocht 1 neemt de snelheid weer toe voor het uitkomen van het cirkelvormige gedeelte (hier was het overzicht beter dan bij bocht 2). Bij bocht 2 nam de snelheid pas toe bij het uitkomen van het cirkelvormige gedeelte (zie fig. 3).

MCLEAN (1981) onderzocht de snelheid in bochten op 2-strooks rurale wegen in Australië. Op 120 plaatsen werden metingen verricht van de momentane snelheid in bochten waar de automobilist slechts door de bocht zelf in zijn snelheid werd beïnvloed. Op 20 plaatsen werd de snelheid op rechte, horizontale weggedeelten gemeten. Overal werden minstens 100 waarnemingen gedaan.

Verondersteld werd dat ieder wegvak zijn eigen gewenste snelheid heeft, afhankelijk van allerlei eigenschappen. Iedere weg waarop werd gemeten werd zo verdeeld in secties (3-30 km lengte) op grond van tracé-

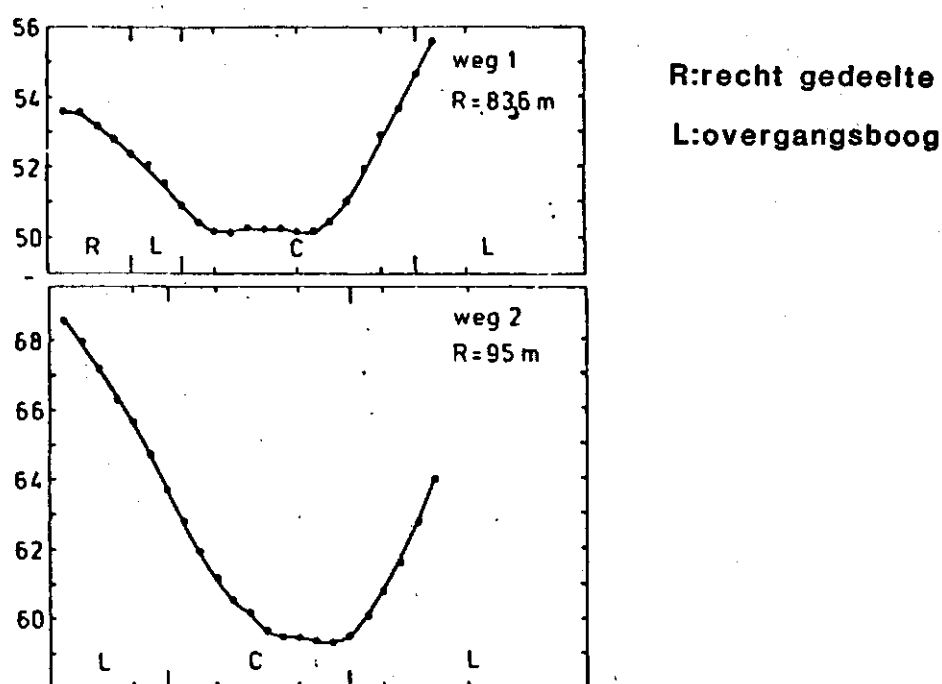


Fig. 3. Verloop van de snelheid in een bocht (BLAAUW, 1975)

eigenschappen, topografie, dwarsprofiel, intensiteiten, grondgebruik en afstand tot urbane gebieden. De hoogst gemeten snelheid op zo'n sectie werd beschouwd als de gewenste snelheid. Vervolgens is bepaald wat de invloed van de straal van een bocht op de snelheid is.

De volgende relatie tussen momentane 85%-snelheid van personenauto's en de bochtigheid werd gevonden:

$$v_{85} = 0,46 v_{g,85} - \frac{3,26 \times 10^3}{R_b} + \frac{8,5 \times 10^4}{R_b^2} + 53,8 \quad (12)$$

$v_{g,85}$ = 85% gewenste snelheid (km/uur)

R_b = straal van de bocht (m)

Tussen de 85%-snelheid en de gemiddelde snelheid bestond het volgende verband:

$$\bar{v} = 0,83 v_{85} + 4,4 \quad (13)$$

$$r = 0,98$$

2.2.7. Aard en vlakheid van het wegdek

SLANGEN (1983) onderzocht de invloed van de aard van het wegdek op de snelheid, bij de overgang van asfalt- naar klinkerverharding op 4 locaties op wegen met een etmaalintensiteit van minstens 1500 motorvoertuigen. Per locatie werden + 60 waarnemingen gedaan. Het bleek dat de overgang van asfalt naar klinkers een daling van de gemiddelde momentane snelheid tot gevolg had die varieerde tussen 14 en 23%.

MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973) konden geen verband aantonen tussen de vlakheid van de verharding (gemeten met een schokmeter) en de gemiddelde snelheid. De verklaring hiervoor kan zijn dat er te weinig spreiding was in de gemeten vlakheden van de diverse wegvakken.

TE VELDE (1985) verrichtte onderzoek naar de invloed van de vlakheid van de verharding op de rijsnelheid van personenauto's op 10 wegen met een vlak en een onvlak weggedeelte. De snelheid van de voertuigen werd op zowel het vlakke als het onvlakke gedeelte gemeten, en met behulp van kentekenregistratie met elkaar vergeleken. Aangenomen werd dat de overige wegkenmerken op beide gedeelten een gelijke invloed op

de snelheid uitoefenen.

Bij de overgang van een vlak- naar een onvlak weggedeelte werd een snelheidsdaling tussen 0 en 13% waargenomen, met een gemiddelde over alle wegen van 5%. Bij de overgang van een onvlak- naar een vlak weggedeelte werd geen snelheidsverandering waargenomen. Naar de mate van vlakheid werd geen onderzoek verricht.

2.2.8. Omgeving

MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973) trachtten het zicht in de omgeving vast te leggen met behulp van foto's, waarop met behulp van een ruitennet aangegeven werd in hoeverre het zicht op de omgeving werd ontnomen door beplanting, bebouwing, etc. Vervolgens werd de hypothese getest dat de rijsnelheid van een automobilist afneemt naarmate het zicht in de omgeving beperkt wordt.

Deze hypothese kon met de boven beschreven methode niet bevestigd worden.

SLANGEN (1983) formuleerde de volgende hypothese: 'Op wegen met een afschermende wegomgeving zal men voor een lagere snelheid kiezen dan op wegen waar deze afscherming minder is of geheel ontbreekt'.

Deze hypothese werd op 3 locaties onderzocht waar een overgang aanwezig was van een minder afschermende naar een meer afschermende wegomgeving (b.v. bomenrij langs weg waar die er eerst niet was). Deze verandering had een significante daling van de snelheid tot gevolg, zodat bovenstaande hypothese niet verworpen werd.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat behalve een verandering van wegomgeving ook een verandering in vrijebaanbreedte (zie 2.2.3) opgetreden kan zijn. Het effect hiervan werd echter niet onderzocht.

2.2.9. Verkeersintensiteit en -samenstelling

WAHLGREN (1967) onderzocht het verband tussen verkeersintensiteit en de snelheid op wegen met een verkeersintensiteit tussen 48 en 506 p.a.e./uur (p.a.e. = personenauto- eenheid).

Er bleek geen effect te zijn van de verkeersintensiteit op de gemiddelde snelheid van personenauto's (zie fig. 4). Hetzelfde gold voor het verband tussen verkeersdichtheid en snelheid.

MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973, 1978) onderzochten het verband tussen verkeersdichtheid en snelheid op wegen met een verkeersintensiteit

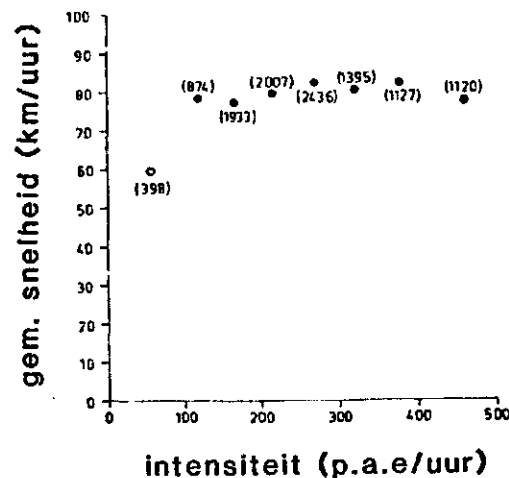


Fig. 4. Verband tussen verkeersintensiteit en gemiddelde snelheid van personenauto's (WAHLGREN, 1967). Tussen haakjes het aantal waarnemingen per meetpunt

tussen 2,78 en 62,66 p.a.e./kwartier. Per situatie werd de per kwartier gemeten gemiddelde snelheid van personenauto's uitgezet tegen de in dat kwartier gemeten dichtheid (voertuigen/km). Ook hier kon geen effect van de verkeersintensiteit (verkeersdichtheid) op de snelheid worden aangetoond.

WIND (1975) kon evenmin een verband ontdekken tussen de snelheid en verkeersintensiteit of verkeersdichtheid. De verkeersintensiteit varieerde hier tussen 6 en 106 voertuig/uur.

WAHLGREN (1967) onderzocht het effect van de verkeerssamenstelling op de snelheid door de relatie snelheid-percentages personenauto's. Ook dit effect kon niet worden aangetoond. Bij MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973, 1978) werd de verkeerssamenstelling alleen onderzocht door omrekening in p.a.e. (zie boven).

WIND (1975) onderzocht het verband tussen het aantal voertuigen en de snelheid. Er werd door hem dus geen onderscheid gemaakt in personenauto's en bijvoorbeeld vrachtauto's (zie boven).

2.3. Samengestelde relaties met invloedsvariabelen

Hiervoor is beschreven hoe de diverse factoren afzonderlijk een invloed uitoefenen op de snelheid van automobilisten. In werkelijkheid zal de snelheid die automobilisten aanhouden afhankelijk zijn van meerdere factoren tegelijk. Hieronder zal beschreven worden welke samengestelde relaties door de diverse onderzoekers gevonden zijn. Voor zover variabelen, meettechnieken, steekproefgrootte etc. bij de enkelvoudige relaties beschreven zijn wordt daarnaar verwezen.

WAHLGREN (1967) onderzocht de invloed van 22 variabelen op de snelheid. Door middel van lineaire regressie werden vergelijkingen opgesteld waarmee de snelheid van voertuigen voorspeld konden worden. Voorwaarden die aan deze vergelijkingen gesteld werden, waren dat er niet teveel verklarende variabelen in voorkwamen, en dat de gebruikte variabelen gemakkelijk te bepalen moesten zijn.

De volgende vergelijkingen werden gevonden:

- Voor de snelheid van personenauto's over een traject:

$$\bar{v} = 92,9 - 7,4 \times y_1 - 0,083 \times y_2 - 0,023 y_3 \quad (14)$$

$$r = 0,90$$

- Voor de momentane snelheid van personenauto's:

$$\bar{v} = 67,0 + 1,149 \times X_1 - 5,2 \times X_2 - 0,116 \times X_3 \quad (15)$$

$$r = 0,90$$

waarin: y_1 = gemiddelde bochtigheid (graden/km)
 y_2 = % van de zichtlengte kleiner dan 500 m (%)
 y_3 = % personenauto's van alle voertuigen (%)
 X_1 = 'Geometric rating' van het meetpunt (-), zie beneden
 X_2 = helling van de weg (-)
 X_3 = % personenauto's van alle voertuigen (%)

Geometric rating geeft een puntenwaardering aan een weg die afhankelijk is van de breedte van de verharding, zichtlengte en de helling van de weg.

MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973) vonden de volgende samengestelde relatie voor de gemiddelde momentane snelheid van personenauto's:

$$\bar{v} = 28,57 \log Z + 3,93 VH - 25,45 \quad (16)$$

$$r = 0,81$$

waarin: Z = zichtlengte (m)

VH = verhardingsbreedte (m)

Een uitbreiding van dit model met nog een verklarende variabele gaf geen verbetering.

Dezelfde auteurs hebben ook getracht theoretisch juistere, niet lineaire modellen op te stellen (VAN DER HEIJDEN, 1978). Een nauwkeuriger voorspelling van de gemiddelde snelheid kon hiermee niet gemaakt worden.

DUNCAN (1974) onderzocht de invloed van verhardingsbreedte, gemiddelde heuvelachtigheid (de som van alle hoogteverschillen gedeeld door de lengte van het traject waarover deze gemeten worden) en gemiddelde bochtigheid (de som van alle richtingsveranderingen gedeeld door de lengte van het traject) op de snelheid over een traject. Er werd gemeten op 34 trajecten op rurale wegen in Engeland (gemiddelde intensiteit 245 voertuigen/uur/rijstrook). Per locatie werd 4 uur geteld. Voor lichte voertuigen werd de volgende vergelijking opgesteld voor de gemiddelde snelheid over een traject:

$$\bar{v} = 77,2 - 12,8 \times \frac{H}{100} - 14,5 \times \frac{B}{100} \quad (17)$$

H = gemiddelde heuvelachtigheid (m/km)

B = gemiddelde bochtigheid (graden/km)

$$r = 0,75$$

MCLEAN (1976) onderzocht de factoren die invloed hebben op de momentane snelheid waarmee automobilisten rijden in bochten met een hoge ontwerpsnelheid (80-100 km/uur) in Australië. Onderzocht werden de invloed van de straal van de bocht, verkanting, ontwerpsnelheid, zichtlengte, hoek van de bocht, aanwezigheid van waarschuwingsborden, verhardingsbreedte, bermbreedte, binnen- of buitenbocht, de rijrichting van het verkeer, intensiteit van het tegemoetkomende verkeer, totale intensiteit en gewenste snelheid (bepaald op een recht, horizontaal

gedeelte van dezelfde weg). De data hadden betrekking op 55 locaties op rurale, tweestrookwegen. Steeds werden 50 tot 80 auto's gemeten.

In een multi-pele regressie werden de volgende vergelijkingen voor de gemiddelde- en 85% momentane snelheid van personenauto's gevonden:

$$\bar{v} = 89,4 - \frac{3220}{R_b} - 0,020 Q_o + 0,011 S \quad (18)$$

$$r = 0,75$$

$$\bar{v}_{85} = 47,1 + 0,525 v_{g,85} - \frac{3610}{R_b} - 0,015 Q_o + 0,012 S \quad (19)$$

$$r = 0,84$$

R_b = straal van de bocht (m)

S = zichtlengte (m)

Q_o = intensiteit van het tegemoetkomende verkeer

$v_{g,85}$ = 85% gewenste snelheid

Het blijkt dat vooral de gewenste snelheid en R_b belangrijke variabelen zijn. In een latere studie heeft Mclean dan ook alleen deze variabelen onderzocht (zie 2.2.6; MCLEAN, 1981).

O'FLAHERTY and COOMBE (1981) onderzochten 45 variabelen op tweestrooks rurale wegen in Engeland. Er werden puntsnelheidsmetingen verricht op 85 plaatsen. Er werden snelheidsmodellen opgesteld voor de volgende voertuigcategorieën:

- A. personenauto's (ongehinderd door andere voertuigen)
- B. alle voertuigen (idem)
- C. alle personenauto's
- D. alle voertuigen

De steekproefgrootte varieerde van 150 voor categorie A tot 300 voor categorie D.

De snelheidsmodellen die voor categorie A werden gevonden worden hieronder samengevat:

$$\bar{v} = 52,405 - 1,184 X_1 \quad r = 0,90 \quad (20)$$

$$\bar{v} = 53,740 - 1,173 X_1 - 0,065 X_2 \quad r = 0,92 \quad (21)$$

$$v_{85} = 61,744 - 1,544 X_1 \quad r = 0,91 \quad (22)$$

$$v_{85} = 63,559 - 1,530 X_1 - 0,088 X_3 \quad r = 0,92 \quad (23)$$

waarin: \bar{v} = gemiddelde snelheid (km/uur)
 v_{85} = 85% snelheid (km/uur)
 X_1 = bochtigheid (graden)
 X_2 = % personenauto's (ongehinderd door andere voertuigen) met
 2 of meer inzittenden
 X_3 = % voertuigen dat andere voertuigen volgt (gehinderd wordt),
 in de richting van de verkeersstroom waarvan de snelheid
 van voertuigen wordt gemeten

De belangrijkste verklarende variabele blijkt de bochtigheid te zijn.

POLUS c.s. (1983) onderzochten het verband tussen gemiddelde bochtigheid (som van de richtingsveranderingen gedeeld door de lengte), gemiddelde heuvelachtigheid (som van de hoogteverschillen gedeeld door de lengte), verval (hoogteverschil tussen begin en eindpunt), samenstelling en intensiteit van het verkeer en de gemiddelde snelheid over een traject.

Gemeten werd op 16 tweestrookswegen in Israël, waarbij de trajecten die gekozen werden 1 tot 3,4 km lang waren en minstens 500 m van een kruising verwijderd waren. Er werd steeds 90 tot 120 minuten lang gemeten waarbij enige honderden voertuigen geregistreerd werden.

In een multiële regressie werd de volgende vergelijking gevonden voor verkeersintensiteiten kleiner dan 200 voertuigen per uur (voor beide richtingen):

$$\bar{v} = 90,485 - 0,010 \times \alpha - 0,591 \times \beta - 0,029 \times \gamma - 0,231 \times \delta \quad (24)$$

$$r = 0,90$$

α = gemiddelde bochtigheid (graden/km)

β = gemiddelde heuvelachtigheid (m/km)

γ = verval over het traject/lengte (m/m)

δ = percentage vrachtauto's

2.4. Conclusies

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat de snelheid op wegen buiten de bebouwde kom afhankelijk kan zijn van diverse factoren. Vooral variabelen die de bochtigheid, zichtlengte en vrijbaanbreedte, bermbreedte en verhardingsbreedte beschrijven vertonen vaak een relatie met de snelheid.

Weinig onderzoek is gedaan naar de relatie tussen snelheid en vlakheid van de verharding. Ook de vraag in hoeverre de wegomgeving invloed kan hebben op de snelheid is nauwelijks onderzocht. Het is ook onduidelijk hoe de wegomgeving gekwantificeerd zou moeten worden.

In de studies die verricht zijn op wegen met intensiteiten die vergelijkbaar zijn met de Nederlandse plattelandswegen kon nooit worden aangetoond dat de intensiteit invloed had op de rijsnelheid. Hetzelfde geldt voor de samenstelling van het verkeer (zie 2.2.9). Voor dit onderzoek kan daarom de invloed van intensiteit en samenstelling op het verkeer veilig buiten beschouwing worden gelaten.

Samenvattend kan dus gezegd worden dat de volgende variabelen bij een snelheidsonderzoek op plattelandswegen in aanmerking komen om onderzocht te worden:

- bochtigheid
- zichtlengte
- vrijebaanbreedte
- bermbreedte
- verhardingsbreedte
- vlakheid/kwaliteit van de verharding
- wegomgeving

3. ONDERZOEKSOPZET

3.1. Inleiding

Zoals in 2.4 al geconcludeerd werd komen de volgende variabelen in aanmerking om bij een snelheidsonderzoek op plattelandswegen onderzocht te worden: bochtigheid, zichtlengte, vrijebaanbreedte, bermbreedte, verhardingsbreedte, vlakheid/kwaliteit van de verharding en wegomgeving.

Gezien de goede staat waarin de meeste Nederlandse plattelandswegen verkeren, wordt er een relatief gering effect van de kwaliteit van de verharding ten opzichte van de andere factoren verwacht. De verhardingskwaliteit blijft daarom in deze studie buiten beschouwing. Te Velde verrichtte een onderzoek naar de invloed van de kwaliteit van de verharding op de snelheid van personenauto's op een aantal wegvakken met matige tot slechte verhardingskwaliteit (zie 2.2.7).

Een variabele die tot nu toe niet genoemd is, maar wel in het onderzoek opgenomen werd, is het voorkomen van veel of weinig uitritten op een traject voor het snelheidsmeetpunt. Het idee om deze variabele te onderzoeken ontstond na bestudering van de ongevallengegevens op plattelandswegen (NIEUWENHOF en MICHELS, 1983; VAN DER HEIJDEN, 1984), waaruit bleek dat op plattelandswegen relatief veel ongevallen plaatsvinden bij uitritten. Het is daarom interessant te onderzoeken in hoeverre automobilisten hun snelheid aanpassen aan het voorkomen van uitritten. Uiteindelijk werden dus de volgende variabelen in dit onderzoek opgenomen:

- bochtigheid
- zichtlengte
- vrijebaanbreedte
- bermbreedte
- verhardingsbreedte
- wegomgeving
- uitritten

De meettechnieken van snelheid respectievelijk invloedsfactoren worden besproken in 3.2 respectievelijk 3.3. In 3.4 wordt de op grond hiervan gekozen onderzoeksopzet samengevat.

3.2. Meettechniek rijsnelheid

Sommige van de in deze studie onderzochte invloedsfactoren zijn alleen voor een punt op de weg eenduidig en snel te bepalen. Bochtigheid, zichtlengte, vrijebaanbreedte en bermbreedte zullen in veel gevallen fluctueren in de lengterichting van een weg, en kunnen daarom beter voor een bepaald punt worden gerelateerd aan de snelheidsverdeling op dat punt, dan dat ze als gemiddelde over een wegvak worden gerelateerd aan de verdeling van snelheidsgemiddelden over dat wegvak. Daarom werd hier gekozen voor puntsnelheidsmetingen, waarmee de frequentieverdeling van de door automobilisten gereden snelheden op een bepaald punt van een weg, middels een steekproef gemeten kan worden. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een radar snelheidsmeter van het type Mesta 204 D, waarmee de snelheid van voertuigen onafhankelijk van de rijrichting (naderend of verwijderend) gemeten kan worden. De door de fabrikant opgegeven meetfout is < 2 km/uur bij snelheden tot

100 km/uur en $< 2\%$ bij snelheden boven 100 km/uur.

Gezien de geringe intensiteit van vrachtverkeer en trekkers op de plattelandswegen, kan de snelheidsverdeling voor deze voertuigcategorieën niet op grond van een steekproef vastgesteld worden. Daarom wordt in dit onderzoek alleen het verband tussen invloedsfactoren en de rijsnelheid van personenauto's onderzocht.

De snelheid van personenauto's die door andere voertuigen gehinderd werden is niet geregistreerd, omdat het daarbij gaat om een incidentele beïnvloeding van de rijsnelheid die het effect van de onderzochte invloedsvariabelen kan verstoren.

Uit de literatuur is bekend dat de verdeling van rijsnelheden als normaal mag worden beschouwd (WAHLGREN, 1967, MICHELS en VAN DER HEIJDEN, 1973).

Van een eerste reeks waarnemingen, waarbij ca. 100 auto's per rijrichting werden gemeten, werd de populatie-standaardafwijking bepaald op 12,5 km/uur. Bij een maximale kans van 5% op afwijkingen groter dan 2,5 km/uur in het gemiddelde kan dan volstaan worden met een steekproefgrootte van 96 geregistreerde auto's per rijrichting. Daarom werd bij alle meetpunten gestreefd naar een steekproefomvang van 100 auto's per rijrichting. Bij wegen met een lage verkeersintensiteit, zodanig dat de beoogde steekproefomvang niet binnen vier uur bereikt werd, is in een aantal gevallen met een meetperiode van vier uur en dus met minder geregistreerde auto's volstaan.


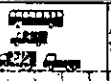
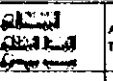
De gemeten snelheden werden per rijrichting geregistreerd op een formulier (zie fig. 5), waarna gemiddelde snelheid, 85% snelheid en standaardafwijking berekend werden.

Bij ieder meetpunt werd het dwarsprofiel van de weg opgenomen, alsmede de onderzochte variabelen zichtlengte, bochtigheid, aantal uitritten/100 m en wegomgeving. Andere gegevens die werden verzameld om achteraf een controlemogelijkheid te hebben op de vergelijkbaarheid van de meetomstandigheden, waren neerslag, bewolking, zonnestand, meteorologisch zicht, droog of nat wegdek, kwaliteit van de verharding, datum en tijd waarop gemeten werd (zie fig. 6).

Er is niet gemeten bij regen of andere extreme weersomstandigheden, zodat de invloed van het weer op de gemeten snelheden tot een minimum beperkt kon worden.

SNELHEIDSMETING NR. 43.1

I.C.W. OP DE Hoofweg WEG NR. 1 VAN Rhenen NAAR Wageningen ABJ. KM. 10.0
 AFD. PLANLOGIE EN VERKEER PLAATSELIJKE BENAMING
 ONDERZOEK RIJSNELHEDEN VERKEER IN / DE / BEIDE / RICHTING(EN) / VAN
 PLATTELANDSWEGEN DATUM 7-8-1964 TIJDSDUUR VAN 8.15 TOT 12.15 UUR
 GEMEENTE

SNELHEID IN KM / U	1 		2 		3 		TOTAAL	
	AAN TAL	%	AAN TAL	%	AAN TAL	%	AAN TAL	%
<41								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								
61								
62								
63								
64								
65								
66								
67								
68								
69								
70								
71								
72								
73								
74								
75								
76								
77								
78								
79								
80								
81								
82								
83								
84								
85								
86								
87								
88								
89								
90								
91								
92								
93								
94								
95								
96								
97								
98								
99								
100								
>100	104							

GEMIDDELD E SNELHEID	69.6
85 % SNELHEID	80.5
TOTAAL GEFASSEERD	77
STANDAARD AFWIJKING	12.3

Fig. 5. Waarnemingsformulier rij snelheden

I.C.W.

Afd. Planologie en Verkeer

Onderzoek rijnsnelheden plattelandswegen

Neerslag : —

Wind : links/rechts; v = 0

Bewolking : onbew/licht/zwaar

Zonnestand: links/rechts; h = 0; v = 0

Zicht : onbeperkt/beperkt m

Bestaande snelheidsbeperking: nee/ja km/uur

Opmerkingen: Wegomgeving ondoorzichtig

Meetpunt nr 32.2

Op de weg van Maanderbuurtweg naar

Verkeer in de richting Oost

Datum: 27.7.84. Tijddeur: van 12.55 tot 15.00 uur

Soort verharding : bitumen

Wegdek : nat/vochtig/droog

Verhardingskwaliteit: goed/matig/slecht

Bochtigheid tracé : 3 1 1 0 0 0 0 0 0 0

Zicht op de weg : 200 m

uitritten/boom : 2

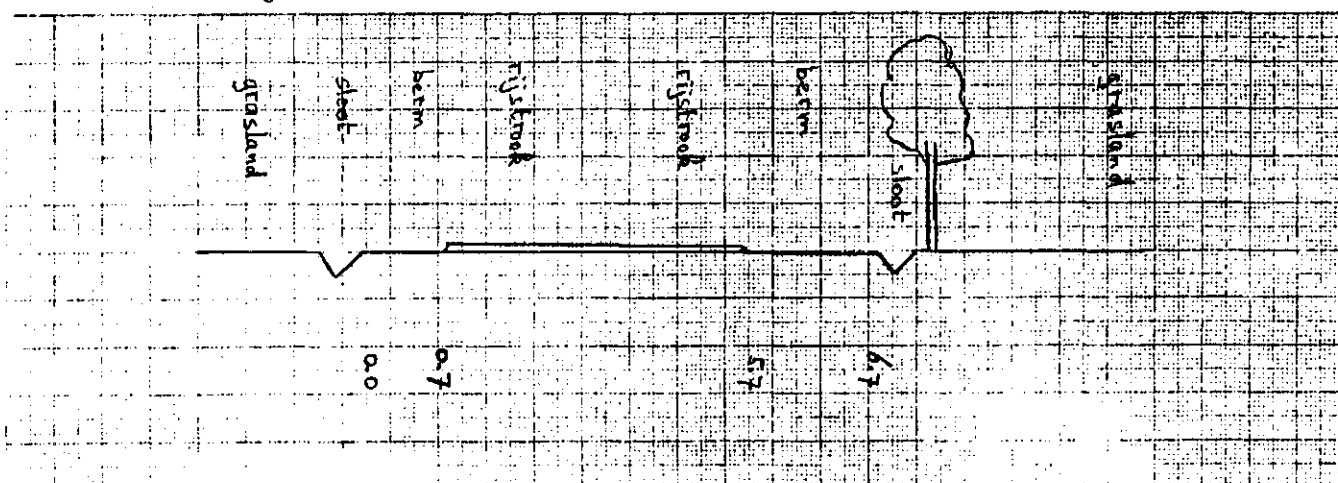


Fig. 6. Registratieformulier invloedsfactoren

3.3. Meettechniek invloedsfactoren

3.3.1. Vrijebaanbreedte, verhardingsbreedte en bermbreedte

Onder de vrijebaanbreedte van een weg wordt verstaan de kruinbreedte of, indien zich in of naast de berm obstakels bevinden, de visueel beschikbare ruimte tussen deze obstakels (fig. 7). Onder obstakels worden verstaan, al die elementen naast de verharding die het voor een automobilist onaantrekkelijk maken de verharding te verlaten, omdat ze in dat geval schade of letsel kunnen veroorzaken (b.v. door botsing of te water raken). Obstakels kunnen bestaan uit bomenrijen palen, hekken, sloten, greppels, dijken, kortom alle 'harde' elementen die afwijken van het horizontale vlak van de berm. Alleenstaande obstakels, bijvoorbeeld een enkele boom of verkeersbord, zijn niet bepalend voor de vrijebaanbreedte. De vrijebaanbreedte werd opgemeten in de nabijheid van het snelheidsmeetpunt in dm nauwkeurig. Tegelijk met de vrijebaanbreedte werden de verhardingsbreedte en de bermbreedten aan beide zijde van de weg opgenomen in dm nauwkeurig.

Verondersteld wordt dat de snelheid zal afnemen met de vrijebaanbreedte en met de verhardingsbreedte.

Het effect van de bermbreedte op de snelheid in een bepaalde richting werd onderzocht op grond van de bermbreedte ter rechterzijde van de rijrichting van de auto's. Verondersteld wordt dat de snelheid zal afnemen met de bermbreedte.

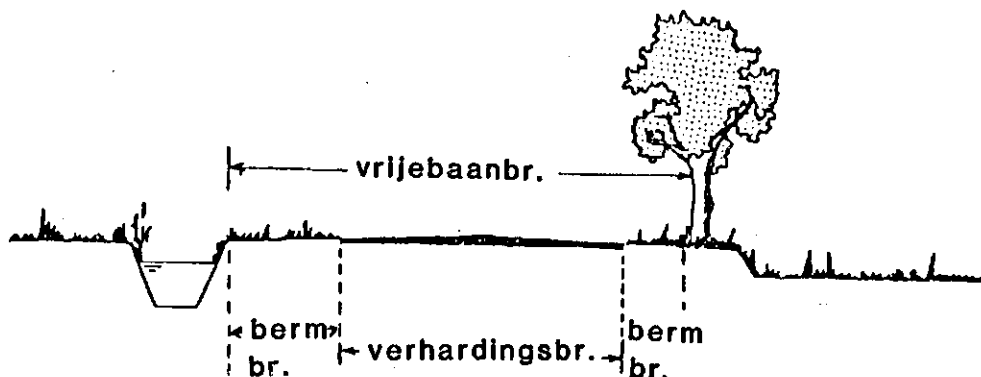


Fig. 7. Meettechniek vrijebaanbreedte, verhardingsbreedte en bermbreedte

3.3.2. Zichtlengte

Onder zichtlengte wordt hier verstaan de hemelsbrede afstand waarover de bestuurder van een personenauto (ooghoogte ca. 1,10 m boven het wegdek) het wegdek kan waarnemen (bij goed meteorologisch zicht). De zichtlengte wordt gemeten vanaf een punt 100 m voor het snelheidsmeetpunt (zie fig. 8). Bij korte afstanden kan dit gebeuren met een meetband. Grotere afstanden worden bepaald door op een topografische kaart aan te geven over welke afstand het wegdek nog zichtbaar is. Er is hier gemeten vanaf een punt 100 m voor het snelheidsmeetpunt vanwege de ervaring dat een automobilist een zekere tijd, en dus ook afstand, nodig heeft om zijn snelheid aan een nieuwe situatie aan te passen. Aangenomen wordt dat deze aanpassing gemiddeld na een afstand van 100 m tot stand kan worden gebracht (VAN DER HEIJDEN, 1978). In dit geval is dus de zichtlengte op 100 m voor het snelheidsmeetpunt bepalend voor de gemeten snelheid. Verondersteld wordt dat de snelheid afneemt met de zichtlengte.

bochtigheid gemeten over het traject BS;
bepalend voor snelheid in richting 1
doorzicht bepaald over traject BS;
bepalend voor snelheid in richting 1
zichtlengte gemeten vanaf B, in de
richting 1; bepalend voor snelheid
in richting 1
aantal uitritten geteld over traject
BS; bepalend voor snelheid in richting 1

bochtigheid gemeten over het traject AS
bepalend voor snelheid in richting 2
doorzicht bepaald over traject AS;
bepalend voor snelheid in richting 2
zichtlengte gemeten vanaf A, in de
richting 2; bepalend voor snelheid
in de richting 2
aantal uitritten geteld over traject
AS; bepalend voor snelheid in richting 2

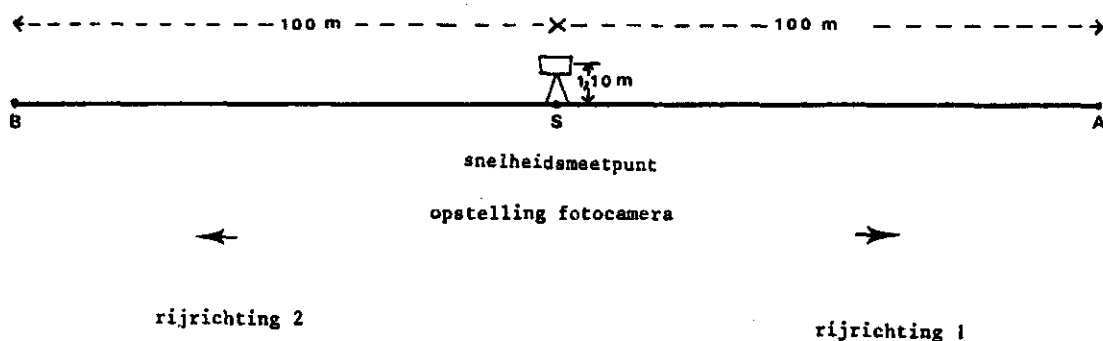


Fig. 8. Meettechniek zichtlengte, bochtigheid, uitritten en doorzicht in de wegomgeving

3.3.3. Bochtigheid

De bochtigheid wordt hier gedefinieerd als de verdraaiing van de wegas over een traject van 100 m voor het snelheidsmeetpunt (zie 3.3.2). Deze wordt als volgt opgemeten (zie fig. 9) De draaiing die de wegas maakt wordt geschematiseerd tot koorden AB, BC, CD enz., elk met een lengte van 10 m. De verdraaiing per koorde wordt bepaald door het opmeten van de loodlijn D_i in dm nauwkeurig. De cumulatieve verdraaiing kan worden weergegeven door $\sum_{i=1}^{10} D_i$, in het vervolg kortweg D genoemd.

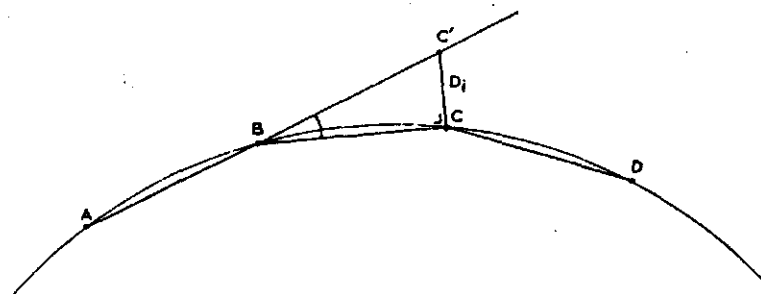


Fig. 9. Schematisering van de verdraaiing van de wegas met behulp van de koorden AB, BC, CD enz.

3.3.4. Wegomgeving

De wegomgeving werd ten behoeve van dit onderzoek onderscheiden in twee klassen:

1. ondoorzichtig
2. doorzichtig

Het doorzicht kan beperkt worden door beplanting langs de weg, bebouwing, schuttingen etc. De beslissing of een bepaalde omgeving doorzichtig of ondoorzichtig is, is van subjectieve aard. Daarin spelen zaken mee zoals afstand van de doorzicht belemmerende factoren tot de weg en dichtheid van beplanting en bebouwing. Om de indeling van de meetpunten in de klassen doorzichtig/ondoorzichtig zo eenduidig mogelijk te maken zijn van alle meetpunten foto's genomen. Dit gebeurde met een camera die de gehele wegomgeving vast kan leggen door tijdens de opname 360° om de eigen as te draaien (zie fig. 10).



Fig. 10. Voorbeeld van wegomgevingen: a. doorzichtig;
b. ondoorzichtig

We nemen hier weer aan dat de 100 m voor het snelheidsmeetpunt bepalend zijn voor de gemeten snelheid; in dit geval dus de doorzichtigheid over een afstand van 100 m voor het snelheidsmeetpunt.

Uit praktische overwegingen werden deze foto's genomen op de plaats van het snelheidsmeetpunt. Het gevolg hiervan is dat we op de foto het wegbeeld dat bepalend is voor rijrichting 1, aanschouwen vanaf het meetpunt, in de richting van rijrichting 2, dus juist in tegenovergestelde richting.

Bij twijfelgevallen (ondoorzichtig/doorzichtig) kon dit wel van invloed zijn op de gehanteerde klasse-indeling; in de meeste gevallen echter was het duidelijk of een bepaalde wegomgeving doorzichtig of ondoorzichtig genoemd moest worden. De foto's werden door drie personen onafhankelijk van elkaar beoordeeld, waarbij een grote mate van overeenstemming bereikt werd. Daarna werd in onderling overleg de uiteindelijke indeling vastgesteld.

De veronderstelling is dat in een ondoorzichtige omgeving langzamer gereden wordt dan in een doorzichtige. In een ondoorzichtige omgeving heeft de automobilist immers minder zekerheid omtrent hetgeen hem te wachten staat, en zal hij daarom zijn snelheid aanpassen. Hierbij moet vooral gedacht worden aan 'dwarsconflicten', zoals verkeer uit zijwegen of uitritten, overstekende kinderen etc. In een doorzichtige omgeving

zal een automobilist dergelijke dwarsconflicten tijdig kunnen waarnemen en hierop reageren. In een ondoorzichtige omgeving is dit moeilijker, waardoor het uit oogpunt van verkeersveiligheid verstandig is een lagere snelheid aan te houden.

Uiteraard zijn er grote verschillen in mate van doorzicht, bovendien nog te onderscheiden naar het doorzicht links of rechts van de weg. Aangenomen wordt dat het voor de automobilist geen verschil maakt of hij van links of rechts gevaar te duchten heeft, zodat de wegomgeving alleen dan doorzichtig genoemd wordt, als zowel links als rechts van de weg de omgeving doorzichtig is. In alle andere gevallen is de wegomgeving ondoorzichtig.

3.3.5. Uitritten

In verband met het onderzoek naar de verkeersonveiligheid op plattelandswegen (zie hfdst. 1) is het interessant te onderzoeken of de aanwezigheid van uitritten van invloed is op het snelheidsgedrag van de automobilist. Onder uitritten worden hier verstaan de in- en uitritten van huizen, erven, boerderijen en andere bedrijven. Er is een grote verscheidenheid in de vormgeving en herkenbaarheid/zichtbaarheid van uitritten. Omdat er geen methode voorhanden is om deze zaken in getal uit te drukken, werd het aantal uitritten aan beide zijden van de weg, over een lengte van 100 m voor het snelheidsmeetpunt geteld.

De veronderstelling is dat een automobilist na het passeren van een groot aantal uitritten, uit veiligheidsoverwegingen (kans op dwarsconflicten) zijn snelheid zal matigen.

Na een eerste inventarisatie van de aantallen uitritten die over een traject van 100 m geteld werden, werd overgegaan tot een indeling van de meetsituaties in twee klassen, namelijk meetsituaties waar 0 of 1 uitritten geteld werden, en waar 2 of meer uitritten geteld werden.

3.4. Samenvatting onderzoekopzet

Het resultaat van de indeling van de meetsituaties in enerzijds de klassen doorzichtig en ondoorzichtig, en anderzijds de klassen 0 of 1 uitritten en 2 of meer uitritten, is een indeling van de meetsituaties in 4 groepen:

- groep I doorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m
- groep II doorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m
- groep III ondoorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m
- groep IV ondoorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m

Per groep wordt onderzocht wat de invloed is van vrijbaanbreedte, verhardingsbreedte, bermbreedte, zichtlengte en bochtigheid op de gemiddelde en 85%-snelheid van (in hun snelheidsgedrag onbelemmerde) personenauto's.

Verondersteld wordt dat de gemiddelde en 85%-snelheid in groep I groter is dan in groep II, in groep II groter dan in groep III en in groep III groter dan in groep IV, zodat:

$$\bar{v}_I > \bar{v}_{II} > \bar{v}_{III} > \bar{v}_{IV}$$

en

$$v_{85,I} > v_{85,II} > v_{85,III} > v_{85,IV}$$

4. VERZAMELING EN ANALYSE VAN DE GEGEVENS

4.1. Inleiding

In de maanden juli tot en met november van 1984 werd op 75 plaatsen gemeten op plattelandswegen in de provincies Gelderland, Utrecht en Noord-Brabant (zie bijlage 1). Op al deze wegen geldt een wettig snelheidsmaximum van 80 km/uur. Op 10 meetpunten werd 2 keer gemeten. Twee metingen op hetzelfde meetpunt (op verschillende dagen) zijn onafhankelijk van elkaar en kunnen beschouwd worden als onafhankelijke steekproeven bij gelijkblijvende variabelen. Als zodanig zijn ze in dit onderzoek opgenomen, zodat uiteindelijk gegevens aanwezig zijn over 170 meetsituaties. Bij de analyse werden de gegevens van één meetsituatie buiten beschouwing gelaten (43.2), omdat het meetpunt hier te dicht bij de bebouwde kom van Wageningen was gelegen. Dit had een duidelijk verstorende invloed op de snelheid van auto's die de bebouwde kom verlieten.

De voorlopige indeling van de meetsituaties in doorzichtige en ondoorzichtige wegomgeving, gemaakt in het veld, werd getoetst en bijgesteld aan de hand van de gemaakte foto's. Dit resulteerde in de volgende

indeling van de meetsituaties in de 4 groepen:

groep I: 54 meetsituaties

groep II: 51 meetsituaties

groep III: 38 meetsituaties

groep IV: 26 meetsituaties

Van elke meetsituatie werd op grond van de steekproef de gemiddelde- en 85%-snelheid berekend, alsook de steekproef-standaardafwijking (S_i). Per groep werden de gemiddelde snelheid over alle meetsituaties en de gemiddeld gewogen standaardafwijking (σ) berekend, volgens de formule:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i (n_i - 1) S_i^2}{\sum_i (n_i - 1)} \quad (25)$$

n_i = aantal gemeten auto's bij meetsituatie i

Tabel 1 geeft een samenvatting van de verzamelde gegevens per groep, waarbij:

\bar{v}	= gemiddelde snelheid in km/uur
v_{85}	= 85%-snelheid in km/uur
D	= bochtigheid (dm/100 m)
VB	= vrijebaanbreedte (m)
Z	= zichtlengte (m)
VH	= verhardingsbreedte (m)
BB	= bermbreedte (m)

Bijlage 2 geeft een volledig overzicht van alle verzamelde gegevens per meetsituatie en per groep.

Tabel 1. Bereik van de gemeten variabelen per groep

Variabele	Minimum	Gemiddeld	Maximum
Groep I. Doorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m (54 meetsituaties; $\sigma = 12,4$ km/uur)			
\bar{v} (km/uur)	37,7	70,90	83,2
v_{85} (km/uur)	42,8	82,57	98,6
D^{85} (dm/100 m)	0,0	7,02	99,5
VB (m)	4,0	7,47	11,0
Z (m)	130,0	392,80	1450,0
VH (m)	3,0	4,89	6,7
BB (m)	0,3	1,27	3,3
Groep II. Doorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m (51 meetsituaties; $\sigma = 12,4$ km/uur)			
\bar{v} (km/uur)	38,6	68,71	82,9
v_{85} (km/uur)	44,4	80,36	97,0
D^{85} (dm/100 m)	0,0	7,97	99,0
VB (m)	4,0	7,89	14,9
Z (m)	125,0	505,90	1100,0
VH (m)	3,0	5,02	6,7
BB (m)	0,3	1,43	5,5
Groep III. Ondoorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m (38 meetsituaties; $\sigma = 12,4$ km/uur)			
\bar{v} (km/uur)	53,5	70,0	86,8
v_{85} (km/uur)	60,0	82,04	102,0
D^{85} (dm/100 m)	0,0	9,05	72,5
VB (m)	5,5	7,64	11,5
Z (m)	100,0	426,40	1000,0
VH (m)	3,9	4,91	6,4
BB (m)	0,1	1,37	5,0
Groep IV. Ondoorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m (26 meetsituaties; $\sigma = 11,4$ km/uur)			
\bar{v} (km/uur)	54,5	64,46	75,7
v_{85} (km/uur)	62,2	75,30	89,5
D^{85} (dm/100 m)	0,0	22,15	67,0
VB (m)	6,0	7,18	8,2
Z (m)	75,0	242,30	800,0
VH (m)	4,9	5,33	6,4
BB (m)	0,4	0,92	1,5

4.2. Keuze rekenmodellen

In 3.3 werd kort aangegeven wat de verwachte invloed van de onderzochte variabelen op de snelheid is. Het veronderstelde verband van de variabelen die in een vloeiende schaal zijn gemeten (bochtigheid, zichtlengte, vrijebaanbreedte, verhardingsbreedte en bermbreedte) met de snelheid wordt hier meer in detail besproken.

Verwacht wordt dat de snelheid af zal nemen bij een toenemende bochtigheid (D). Bij zeer hoge waarden van de bochtigheid zal nog steeds gereden kunnen worden, waarbij de snelheid zal naderen tot een minimum (b.v. bij een haakse bocht of minimale draaicirkel van de personenauto). Is de bochtigheid nul dan zal de snelheid worden bepaald door de overige onderzochte variabelen en niet in het onderzoek opgenomen invloedsfactoren (b.v. de voertuigkenmerken). Uitgaande van de omstandigheden zal iedere automobilist een snelheid aan willen houden (wenssnelheid) die op dat moment niet beïnvloed wordt door de bochtigheid. Men kan dus spreken van een gemiddelde of 85%-wenssnelheid van personenauto's. Aannemende dat bij kleine waarden van de bochtigheid de invloed op de snelheid gering is, kan de invloed van de bochtigheid op de snelheid benaderd worden met een S-vorm (fig. 11).

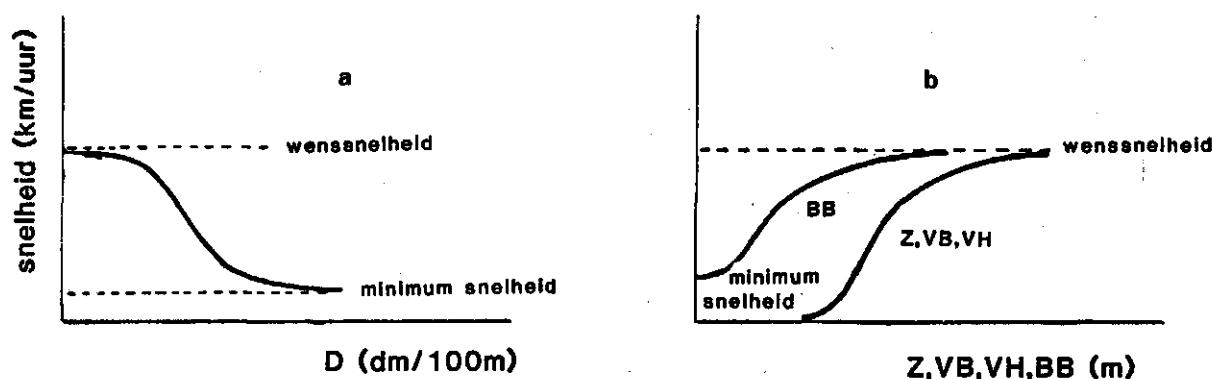


Fig. 11. Theoretisch verband tussen: a. snelheid en bochtigheid;
b. snelheid en zichtlengte, vrijebaanbreedte, verhardingsbreedte en bermbreedte

Bij zeer hoge waarden van de zichtlengte, verhardingsbreedte, vrijebaanbreedte en bermbreedte zal ook sprake zijn van een gemiddelde wenssnelheid, bepaald door overige omstandigheden. Voor de zichtlengte, vrijebaanbreedte en verhardingsbreedte geldt dat de snelheid tot nul af zal nemen bij zeer kleine waarden van deze variabelen (bij vrijebaanbreedte en verhardingsbreedte als deze kleiner zijn dan de breedte van het voertuig). Is de bermbreedte gelijk aan nul dan zal nog steeds gereden kunnen worden. Hier is dus weer sprake van een (door omstandigheden bepaalde) minimum snelheid. Aannemende dat een kleine toename van deze variabelen aanvankelijk een geringe toename van de snelheid tot gevolg zal hebben, kan het verloop van de snelheid met deze variabelen weer beschreven worden met een S-vorm (zie fig. 11b).

Een wiskundige beschrijving van bovengenoemde relaties is niet eenvoudig en bovendien sterk afhankelijk van de hypothesen omtrent wenssnelheid en minimum snelheid. Deze laatste kunnen als parameters in een niet-lineair model worden bepaald (VAN DER HEIJDEN, 1978), met behulp van niet-lineaire regressie.

De invloed van de onderzochte variabelen op de snelheid kan ook beschreven worden met eenvoudiger wiskundige vergelijkingen die, vooral bij de spreiding in de variabelen die op plattelandswegen gevonden wordt, een goede benadering vormen van boven beschreven theoretische relaties. Het eenvoudigst is een zuiver rechtlijnig verband tussen snelheid en variabele, van de vorm (fig. 12):

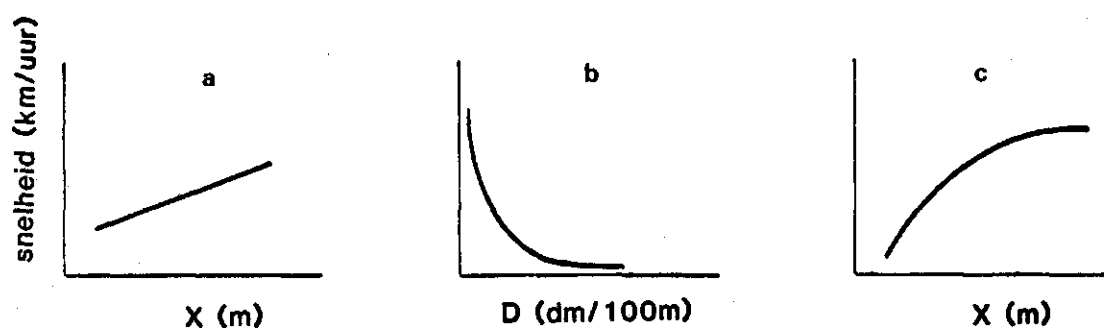


Fig. 12. a. Lineair verband tussen snelheid en invloesvariabelen volgens (26); b. Exponentieel verband tussen snelheid en bochtigheid volgens (27); c. Logaritmisch verband tussen snelheid en invloedsvariabelen volgens (29)

$$v = ax + b \quad (26)$$

waarbij: v = gemiddelde- of 85%-snelheid

x = verklarende variabele

a = coëfficiënt

b = constante

Een betere benadering van bovenbeschreven niet-lineaire verbanden is voor de bochtigheid een exponentieel verband, van de vorm (zie fig. 12b):

$$v = a \cdot e^{b \cdot D} \quad (27)$$

waarbij: D = bochtigheid

a, b = coëfficiënten

Deze vergelijking kan worden omgeschreven naar een vergelijking van de vorm:

$$\log v = \log a + b \cdot \log D \quad (28)$$

De invloed van de zichtlengte, vrijebaanbreedte, verhardingsbreedte en bermbreedte op de snelheid kan dan beschreven worden met een logaritmisch verband, van de vorm (zie fig. 12c):

$$v = a \cdot \log X + b \quad (29)$$

waarbij: X = verklarende variabele

a = coëfficiënt

b = constante

De snelheid wordt in werkelijkheid bepaald door een combinatie van factoren. Gedacht kan worden aan de sommatie of vermenigvuldiging van invloedsfactoren.

Uitgaande van vergelijkingen van de vorm (26) of (29) wordt door sommatie van invloedsfactoren een formule van de vorm (30) gekregen:

$$v = a \cdot \log X_1 + b \cdot X_2 + \dots + dX_n + f \quad (30)$$

waarbij: X_1 t/m X_n = variabelen

a t/m d = coëfficiënten

f = constante

Uitgaande van (27) kan een vermenigvuldigingsmodel gevormd worden (volgens het Cobb-Douglas model) dat omgeschreven kan worden naar een vergelijking van de vorm:

$$\log v = \log a + b \cdot \log X_1 + \dots + d \log X_n \quad (31)$$

waarbij: X_1 t/m X_n = verklarende variabelen
a t/m d = coëfficiënten

Vergelijkingen van de vorm (26), (28), (29), (30) en (31) zijn met behulp van lineaire regressie op eenvoudige wijze te onderzoeken.

De analyse van de verzamelde gegevens is hier beperkt tot het onderzoeken van deze vergelijkingen.

In 4.3 wordt aangegeven op welke wijze een keuze is gemaakt uit de verschillende berekende verbanden tussen snelheid en invloedsvariabelen.

4.3. Selectie van de best bruikbare vergelijkingen

Met behulp van lineaire regressie-analyse is per groep gegevens onderzocht welke vergelijking het beste gebruikt kan worden ter voorspelling van de gemiddelde- en 85%-snelheid van personenauto's. Hier toe werden drie selectie-criteria onderscheiden:

- theoretische juistheid van de vergelijking (zie 4.2);
- statistische betrouwbaarheid/nauwkeurigheid;
- praktische bruikbaarheid.

De statistische betrouwbaarheid/nauwkeurigheid van een vergelijking komt tot uitdrukking in de correlatie-coëfficiënt en de residuele standaardafwijking. De enkelvoudige (r) of meervoudige (R) correlatie-coëfficiënt is een uitdrukking van de mate waarin het berekende verband overeenstemt met het gemeten verband. De nauwkeurigheid van het berekende verband ten opzichte van het gemeten verband komt tot uitdrukking in de (residuele) standaardafwijking van het berekende verband ten opzichte van het gemeten verband (S).

Deze laatste waarde kan gebruikt worden bij het toetsen of een bepaalde vergelijking (1) het gemeten snelheidsverband significant beter beschrijft dan een andere vergelijking (2). Dit gebeurt met de F-toets met als toetsingsgrootte:

$$\frac{S_2^2}{S_1^2} = F \frac{n_2}{n_1} \quad (32)$$

n_1 en n_2 zijn het aantal vrijheidsgraden behorende bij de vergelijkingen 1 en 2. Grote waarden van F wijzen daarbij op de hypothese dat $S_2^2 > S_1^2$, oftewel vergelijking 1 geeft een significant lagere standaardafwijking dan vergelijking 2. Wij zullen hier bij een rechter-over-schrijdingskans van de gevonden F -waarde, kleiner dan 10% zeggen dat er sprake is van een significant nauwkeurigere voorspelling van de snelheid van 1 ten opzichte van 2. Met de praktische bruikbaarheid van een vergelijking wordt bedoeld dat een vergelijking snel en duidelijk inzicht moet bieden in het te verwachten snelheidspatroon en in de nauwkeurigheid van de voorspelde waarde. Dit betekent dat een vergelijking eenvoudig van vorm moet zijn bij zo min mogelijk verklarende variabelen.

4.4. Resultaten regressie-analyse

4.4.1. Algemeen

Bijlage 3 geeft een overzicht van de enkelvoudige relaties van de gemiddelde- en 85%-snelheid met alle variabelen volgens de verschillende vormen zoals beschreven in 4.2. Ook alle mogelijke combinaties van 2 variabelen zijn gegeven (behalve die waarbij de residuele standaardafwijking groter was dan de verklaarde standaardafwijking). In het overzicht zijn alleen de correlatiecoëfficiënt en de standaardafwijking behorend bij de vergelijkingen gegeven. Ook vele vergelijkingen met meer dan 2 verklarende variabelen zijn berekend. Mede omdat deze vergelijkingen nimmer een significant lagere standaardafwijking te zien geven dan vergelijkingen met 1 of 2 variabelen, zou een uitvoerige behandeling hiervan te ver gaan. Daarom zal hier alleen per groep waarnemingen worden aangegeven wat de resultaten waren van een voorwaartse selectie van verklarende variabelen. Bij voorwaartse selectie wordt, uitgaande van een verklarende variabele, steeds die variabele aan de vergelijking toegevoegd die de sterkste verlaging van de residuele standaardafwijking tot gevolg heeft. Aldus wordt zeer snel inzicht geboden in de voorspellende waarde van de verschillende verklarende variabelen.

Alvorens wordt ingegaan op de resultaten van de regressie-analyse per groep waarnemingen, worden hier resultaten besproken die voor de vier groepen gelijk bleken te zijn.

Er blijkt in geen enkel geval (zie bijlage 3) een significant verschil tussen de residuele standaardafwijking bij vergelijkingen van de vorm (29) ten opzichte van (26). Formeel kan dit met de F-toets getoetst worden. Men kan echter ook op het eerste gezicht al zien dat de verschillen uiterst gering zijn.

Hetzelfde geldt voor vergelijking (28) ten opzichte van (26). Doordat bij (28) de logarithme van de snelheid als te verklaren variabele optreedt, kan de standaardafwijking van de berekende snelheid ten opzichte van de gemeten snelheid niet gemakkelijk in km/uur berekend worden. Vergelijking van de correlatiecoëfficiënten van (28) ten opzichte van (26) toont echter duidelijk aan dat er een zeer gering verschil in voorspellende waarde is tussen deze vergelijkingen (het grootste verschil in de correlatiecoëfficiënten bedraagt 0,06). Op grond van de genoemde criteria in 4.3 wordt hier gekozen voor vergelijkingen waarin de bochtigheid in lineaire vorm en de overige variabelen in logarithmische vorm de snelheid verklaren. Hiervoor wordt gekozen omdat deze vergelijkingen theoretisch juist zijn dan lineaire vergelijkingen, zonder erg ingewikkeld te worden. Bovendien zijn ze praktischer in het gebruik dan vergelijkingen van de vorm (28) omdat direct gezien kan worden wat de voorspelde snelheid op een bepaald punt zal zijn, alsmede inzicht geboden wordt in de nauwkeurigheid van de voorspelde waarde.

In 4.4.2 tot en met 4.4.5 worden de resultaten van de regressie-analyse per groep besproken waarbij dus alleen vergelijkingen van de vorm:

$$v = a \cdot D + b \quad (33)$$

en

$$v = a \cdot \log X + b \quad (34)$$

waarbij: D = bochtigheid

X = overige verklarende variabelen

a = coëfficiënt

b = constante

behandeld worden, en bij meervoudige regressie-analyse combinaties van (33) en (34).

In 4.4.6 volgt een vergelijking tussen de groepen waarnemingen onderling.

4.4.2. Doorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m (groep I)

De belangrijkste verklarende variabelen voor deze groep waarnemingen zijn de bochtigheid (D) en de verhardingsbreedte (VH). De enkelvoudige relaties met deze variabelen luiden voor de gemiddelde snelheid:

$$\begin{aligned}\bar{v} &= -0,346 D + 73,3 & r &= -0,69 & (35) \\ S &= 6,1 \text{ km/uur}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{v} &= 84,1 \log VH + 13,3 & r &= 0,64 & (36) \\ S &= 6,5 \text{ km/uur}\end{aligned}$$

$$F = \frac{s_{36}^2}{s_{35}^2} = 1,14 \quad \text{overschrijdingskans} > 20\%, \text{ geen significant verschil}$$

in residuele standaardafwijking.

Voor de 85%-snelheid:

$$\begin{aligned}v_{85} &= -0,415 D + 85,5 & r &= -0,68 & (37) \\ S &= 7,5 \text{ km/uur}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v_{85} &= 103,3 \log VH + 11,9 & r &= 0,65 & (38) \\ S &= 7,8 \text{ km/uur}\end{aligned}$$

$$F = \frac{s_{38}^2}{s_{37}^2} = 1,08 \quad \text{overschrijdingskans} > 20\%, \text{ geen significant verschil}$$

in residuele standaardafwijking.

Bij regressie met 2 variabelen geeft een combinatie van D en VH het beste resultaat:

Voor de gemiddelde snelheid:

$$\begin{aligned}\bar{v} &= 59,4 \log VH - 0,265 D + 32,1 & R &= 0,81 & (39) \\ S &= 5,0 \text{ km/uur}\end{aligned}$$

voor de 85%-snelheid:

$$\begin{aligned}v_{85} &= 74,0 \log VH - 0,314 D + 34,1 & R &= 0,81 & (40) \\ S &= 6,1 \text{ km/uur}\end{aligned}$$

$F = \frac{S_{35}^2}{S_{39}^2} = 1,49$ overschrijdingskans $\approx 10\%$, formule (39) geeft een significante verlaging van de residuele standaardafwijking te zien ten opzichte van de formules (35) en (36).

$F = \frac{S_{35}^2}{S_{40}^2} = 1,51$ overschrijdingskans $\approx 10\%$, formule (40) geeft een significante verlaging van de residuele standaardafwijking te zien ten opzichte van de formules (37) en (38).

Bij regressie met meer dan 2 variabelen wordt, uitgaande van (39) en (40), met behulp van de techniek van voorwaartse selectie (zie 4.1) geen extra variabele aan de vergelijkingen toegevoegd.

Conclusie: voor groep I geven de formules (39) en (40) de nauwkeurigste voorspelling van de gemiddelde- respectievelijk 85%-snelheid van personenauto's.

4.4.3. Doorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m (groep II)

Evenals bij groep I zijn hier de bochtigheid en de verhardingsbreedte de belangrijkste verklarende variabelen:

voor de gemiddelde snelheid:

$$\bar{v} = 102,8 \log VH - 2,7 \quad r = 0,67 \quad (41)$$

$$S = 8,4 \text{ km/uur}$$

$$\bar{v} = -0,369 D + 71,7 \quad r = -0,57 \quad (42)$$

$$S = 9,2 \text{ km/uur}$$

$F = \frac{S_{42}^2}{S_{41}^2} = 1,20$ overschrijdingskans = 20%, geen significant verschil in residuele standaardafwijking.

Voor de 85%-snelheid:

$$v_{85} = 115,8 \log VH - 0,1 \quad r = 0,66 \quad (43)$$

$$S = 9,5 \text{ km/uur}$$

$$v_{85} = -0,438 D + 83,9 \quad r = -0,60 \quad (44)$$

$$S = 10,2 \text{ km/uur}$$

$F = \frac{S_{44}^2}{S_{43}^2} = 1,15$ overschrijdingskans > 20%, geen significant verschil
in residuele standaardafwijking.

Bij meervoudige regressie met 2 variabelen levert een combinatie van bochtigheid en verhardingsbreedte, of een combinatie van zichtlengte en verhardingsbreedte een gelijk resultaat:

voor de gemiddelde snelheid:

$$\bar{v} = 79,1 \log VH - 0,214 D + 15,5 \quad R = 0,73 \quad (45)$$

$$S = 7,8 \text{ km/uur}$$

$$\bar{v} = 86,2 \log VH + 11,96 \log Z - 22,6 \quad R = 0,72 \quad (46)$$

$$S = 7,8 \text{ km/uur}$$

$F = \frac{S_{41}^2}{S_{45}^2} = 1,16$ overschrijdingskans > 20%, (45) en (46) geven geen significant verschil in residuele standaardafwijking ten opzichte van (41).

$F = \frac{S_{42}^2}{S_{45}^2} = 1,39$ overschrijdingskans = 10%, (45) en (46) geven een significant kleinere residuele standaardafwijking dan (42).

Voor de 85%-snelheid:

$$v_{85} = 85,9 \log VH - 0,270 D + 22,8 \quad R = 0,74 \quad (47)$$

$$S = 8,6 \text{ km/uur}$$

$$v_{85} = 97,0 \log VH + 13,55 \log Z - 22,6 \quad R = 0,72 \quad (48)$$

$$S = 8,9 \text{ km/uur}$$

$F = \frac{S_{48}^2}{S_{47}^2} = 1,07$ overschrijdingskans > 20%, geen significant verschil
in residuele standaardafwijking tussen (47) en (48).

$F = \frac{S_{43}^2}{S_{47}^2} = 1,22$ overschrijdingskans = 20%, geen significant verschil
in residuele standaardafwijking tussen (43) en (47) (dus ook tussen (43) en (48)).

$$F = \frac{S_{44}^2}{S_{47}^2} = 1,41 \quad \text{overschrijdingskans} \approx 10\%, (47) \text{ geeft significant}$$

kleinere standaardafwijking dan (44).

$$F = \frac{S_{44}^2}{S_{48}^2} = 1,31 \quad \text{overschrijdingskans 10-20\%, (48) geeft geen significant}$$

kleiner standaardafwijking dan (44).

Uitgaande van de formules (45) en (47) werd bij meervoudige regressie met meer dan 2 variabelen, door middel van voorwaartse selectie een model samengesteld met als extra variabelen de zichtlengte (voor de gemiddelde- en 85%-snelheid) en de bermbreedte (alleen voor de gemiddelde snelheid). De residuele standaardafwijking bedraagt daarbij 7,6 km/uur voor de gemiddelde snelheid en 8,6 km/uur voor de 85%-snelheid. Dit betekent geen significante verlaging van de residuele standaardafwijking ten opzichte van de formules (45) en (47).

Conclusie: Hoewel niet zo duidelijk als bij groep I, blijkt ook hier een combinatie van bochtigheid en verhardingsbreedte de nauwkeurigste voorspelling van de gemiddelde en 85%-snelheid te geven. Ook vanwege de overeenkomst met groep I wordt daarom voor groep II gekozen voor de formules (45) respectievelijk (47) ter voorspelling van de gemiddelde-respectievelijk 85%-snelheid van personenauto's.

4.4.4. Ondoorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m (groep III)

Bochtigheid en zichtlengte blijken hier de belangrijkste variabelen te zijn; de gevonden vergelijkingen zijn:

voor de gemiddelde snelheid:

$$\bar{v} = 14,06 \log Z + 34,0 \quad r = 0,43 \quad (49)$$

$$S = 7,6 \text{ km/uur}$$

$$\bar{v} = -0,207 D + 71,9 \quad r = -0,37 \quad (50)$$

$$S = 7,8 \text{ km/uur}$$

$$F = \frac{S_{50}^2}{S_{49}^2} = 1,05 \quad \text{overschrijdingskans} > 20\%, \text{ geen significant verschil}$$

in residuele standaardafwijking tussen (49) en (50)

voor de 85%-snelheid:

$$v_{85} = 18,21 \log Z + 35,4 \quad r = 0,48 \quad (51)$$

$$S = 8,6 \text{ km/uur}$$

$$v_{85} = -0,289 D + 84,7 \quad r = -0,44 \quad (52)$$

$$S = 8,8 \text{ km/uur}$$

$F = \frac{s_{52}^2}{s_{51}^2} = 1,05$ overschrijdingskans > 20%, geen significant verschil in residuele standaardafwijking tussen (51) en (52).

Bij meervoudige regressie met 2 variabelen levert een combinatie van zichtlengte en vrijebaanbreedte het beste resultaat:

voor de gemiddelde snelheid:

$$\bar{v} = 21,26 \log Z + 51,5 \log VB - 29,5 \quad R = 0,63 \quad (53)$$

$$S = 6,6 \text{ km/uur}$$

$F = \frac{s_{50}^2}{s_{53}^2} = 1,40$ overschrijdingskans tussen 10-20%, (53) geeft geen significant lagere residuele standaardafwijking dan (50) (en dus ook niet ten opzichte van (49)).

voor de 85%-snelheid:

$$v_{85} = 26,27 \log Z + 57,6 \log VB - 35,7 \quad R = 0,65 \quad (54)$$

$$S = 7,5 \text{ km/uur}$$

$F = \frac{s_{52}^2}{s_{54}^2} = 1,38$ overschrijdingskans tussen 10-20%, (54) geeft geen significant lagere residuele standaardafwijking dan (52) en (51).

Bij combinatie van bochtigheid en verhardingsbreedte, welke combinatie bij groep I en groep II de nauwkeurigste voorspelling van de snelheid gaf, krijgen we hier het volgende resultaat:

$$\bar{v} = 60,1 \log VH - 0,305 D + 31,3 \quad R = 0,49 \quad (55)$$

$$S = 7,4 \text{ km/uur}$$

voor de 85%-snelheid:

$$v_{85} = 63,1 \log V_H - 0,392 D + 42,2 \quad R = 0,53 \quad (56)$$
$$S = 8,4 \text{ km/uur}$$

$F = \frac{S_{55}^2}{S_{53}^2} = 1,26$ overschrijdingskans $\approx 20\%$, (53) geeft geen significant lagere residuele standaardafwijking dan (54).

$F = \frac{S_{56}^2}{S_{54}^2} = 1,25$ overschrijdingskans $\approx 20\%$, (54) geeft geen significant lagere residuele standaardafwijking dan (56).

Bij meervoudige regressie met meer dan 2 variabelen werd uitgaande van de formules (53) en (54) respectievelijk (55) en (56), met behulp van voorwaartse selectie hetzelfde resultaat bereikt. In beide gevallen werd het model uitgebreid tot een model met de variabelen vrijebaanbreedte, zichtlengte, verhardingsbreedte en bochtigheid. De residuele standaardafwijking hierbij bedraagt 6,4 km/uur voor de gemiddelde snelheid en 7,3 km/uur voor de 85%-snelheid.

Dit betekent geen significante verlaging van de residuele standaardafwijking ten opzichte van de formules (53), (54), (55) en (56).

Conclusie: op grond van de gegevens in deze groep is geen duidelijke conclusie met betrekking tot het te gebruiken snelheidsmodel te maken. Gezien de overeenkomst met de resultaten in groep I en groep II, geniet het gebruik van de formules (55) en (56) de voorkeur.

4.4.5. Ondoorzichtig wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m (groep IV)

Opvallend bij deze groep waarnemingen is het negatieve verband van de gemiddelde- en 85%-snelheid met de verhardingsbreedte ($r = -0,10$). De indeling van de meetsituaties in groepen had in deze groep, door toeval, een kleine spreiding in de verhardingsbreedten tot gevolg. Relaties met de verhardingsbreedte als verklarende variabele worden hier daarom buiten beschouwing gelaten.

De belangrijkste verklarende variabele is hier de vrijebaanbreedte in formule:

voor de gemiddelde snelheid:

$$\bar{v} = 137,8 \log VB - 53,4 \quad r = 0,62 \quad (57)$$

$$S = 4,9 \text{ km/uur}$$

voor de 85%-snelheid:

$$v_{85} = 173,0 \log VB - 72,7 \quad r = 0,62 \quad (58)$$

$$S = 6,1 \text{ km/uur}$$

Bij meervoudige regressie met 2 variabelen geven de volgende combinaties een vergelijkbaar resultaat:

voor de gemiddelde snelheid:

$$\bar{v} = 134,0 \log VB + 9,22 \log Z - 71,5 \quad R = 0,71 \quad (59)$$

$$S = 4,5 \text{ km/uur}$$

$$\bar{v} = 129,2 \log VB - 0,114 D - 43,5 \quad R = 0,73 \quad (60)$$

$$S = 4,3 \text{ km/uur}$$

$$F = \frac{S_{59}^2}{S_{60}^2} = 1,1 \quad \text{overschrijdingskans} > 20\%, \text{ geen significant verschil}$$

in residuele standaardafwijking tussen (59) en (60).

voor de 85%-snelheid:

$$v_{85} = 166,9 \log VB + 15,23 \log Z - 102,7 \quad R = 0,78 \quad (61)$$

$$S = 4,9 \text{ km/uur}$$

$$v_{85} = 160,1 \log VB - 0,172 D - 57,7 \quad R = 0,78 \quad (62)$$

$$S = 4,9 \text{ km/uur}$$

Geen verschil in residuele standaardafwijking tussen (61) en (62).

$$F = \frac{S_{57}^2}{S_{60}^2} = 1,3 \quad \text{overschrijdingskans} > 20\%, (59) \text{ en } (60) \text{ geven geen}$$

significante verlaging van de standaardafwijking ten opzichte van (57).

$$F = \frac{S_{58}^2}{S_{61}^2} = 1,55 \quad \text{overschrijdingskans tussen } 10\text{-}20\%, (61) \text{ en } (62) \text{ geven}$$

geen significante verlaging van de standaardafwijking ten opzichte van (58).

Bij meervoudige regressie met meer dan 2 variabelen werd uitgaande van (60) de bermbreedte als variabele aan de vergelijking toegevoegd. De residuele standaardafwijking bedraagt dan 4,3 km/uur voor de gemiddelde snelheid en 4,9 km/uur voor de 85%-snelheid. Er is geen sprake van een significante verlaging van de residuele standaardafwijking ten opzichte van (57) en (58).

Conclusie: voor deze groep kan volstaan worden met de enkelvoudige relatie van de gemiddelde- en 85%-snelheid met de vrijebaanbreedte volgens de formules (57) en (58).

4.4.6. Vergelijking tussen de groepen onderling

Door vergelijking van de vier groepen gegevens onderling kan bepaald worden of het doorzicht in de wegomgeving en het aantal uitritten over een traject van 100 m voor het snelheidsmeetpunt, invloed hebben op de gemiddelde- en 85%-snelheid van personenauto's. Deze vergelijking geschiedt op grond van de gemiddelde- en 85%-snelheid over alle meetsituatie per groep en de gevonden relaties in 4.2 tot en met 4.5.

Met behulp van de t-toets voor twee steekproeven kan getoetst worden of de gemiddelde- of 85%-snelheid van een groep (I) significant groter is dan die van een andere groep (II):

$$\text{toetsingsgrootheid: } \frac{v_I - v_{II}}{\sqrt{\frac{\sigma_I^2}{n_I} + \frac{\sigma_{II}^2}{n_{II}}}} = t_{n_I + n_{II} - 2} \quad (63)$$

waarbij: v = gemiddelde- of 85%-snelheid

σ = gemiddeld gewogen standaardafwijking per groep

n = aantal meetsituaties per groep

Grote waarden van t wijzen hierbij op een significant grotere snelheid bij I dan bij II (rechtszijdige toetsing).

Bij een rechtszijdige overschrijdingskans van de gevonden t -waarde van $< 10\%$ zullen wij hier spreken van een significant verschil in de gemiddelde- of 85%-snelheid.

Tabel 2 geeft een overzicht van de t -waarden, berekend volgens (63) voor de gemiddelde snelheid (tabel 2.1) en de 85%-snelheid (tabel 2.2). Tussen haakjes wordt het aantal vrijheidsgraden waarbij getoetst wordt vermeld.

Tabel 2.1. t-waarden ter vergelijking van de gemiddelde snelheid van de groepen I tot en met IV

	Groep I	Groep II	Groep III	Groep IV
Groep I		0,90 (105)	0,34 (92)	2,30 (80)
Groep II			0,49 (89)	1,52 (77)
Groep III				1,84 (64)
Groep IV				

Tabel 2.2. t-waarden ter vergelijking van de 85%-snelheid van de groepen I tot en met IV

	Groep I	Groep II	Groep III	Groep IV
Groep I		0,91 (105)	0,20 (92)	2,60 (80)
Groep II			0,63 (89)	1,79 (77)
Groep III				2,24 (64)
Groep IV				

Uit tabel 2 kan worden afgeleid dat de gemiddelde- en 85%-snelheid voor groep I, II en III niet significant van elkaar verschillen (overschrijdingskans van de gevonden t-waarden is steeds $> 10\%$). De gemiddelde en 85%-snelheid voor groep 4 is echter significant lager dan die van de andere groepen (overschrijdingskans van de gevonden t-waarden is steeds $< 10\%$).

In 4.2 tot en met 4.5 is geconcludeerd dat de gemiddelde- en 85%-snelheid van groep I en II het nauwkeurigst voorspeld kan worden met de variabelen bochtigheid en verhardingsbreedte. Ook voor groep III komen deze variabelen ter voorspelling van de gemiddelde- en 85%-snelheid in aanmerking.

In fig. 13 worden voor enkele extreme waarden van de bochtigheid het verband tussen de gemiddelde- en 85%-snelheid en de verhardingsbreedte voor groep I (39 en 40), groep II (45 en 47) en groep III (55 en 56) weergegeven.

Met name voor de verhardingsbreedten die op plattelandswegen het meest voorkomen (4,5-5,5 m) en bij lage waarden van de bochtigheid blijkt de voorspelde gemiddelde- en 85%-snelheid voor de drie groepen

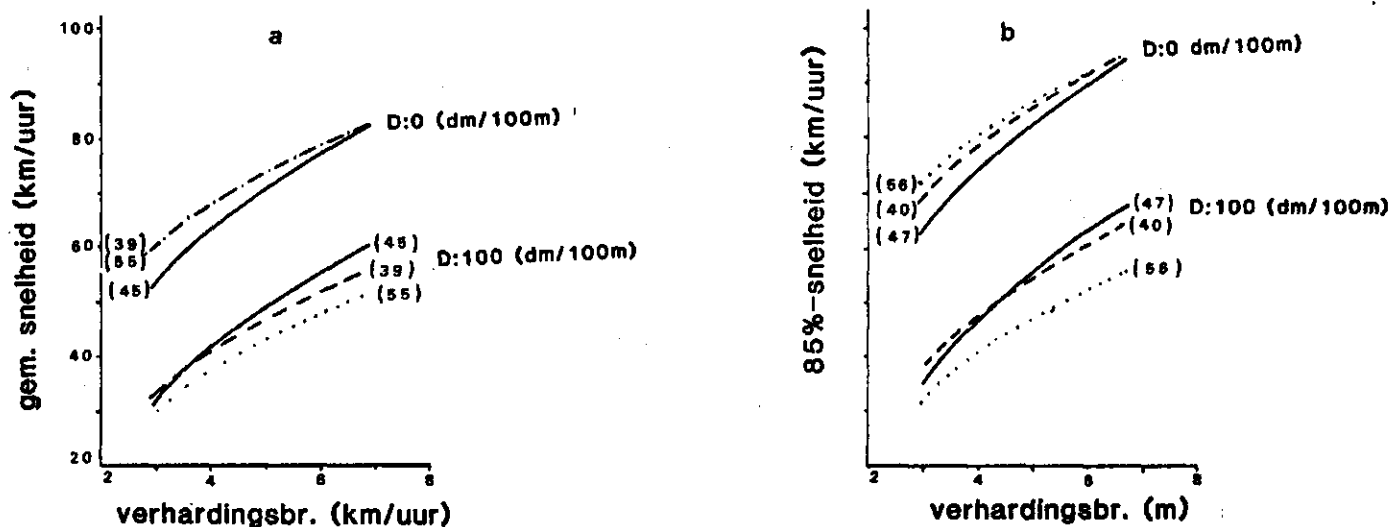


Fig. 13. a. Verband tussen gemiddelde snelheid en verhardingsbreedte bij bochtigheid 0 en 100, voor groep I (39), groep II (45) en groep III (55); b. verband tussen 85%-snelheid en verhardingsbreedte bij bochtigheid 0 en 100, voor groep I (40), groep II (47) en groep III (56)

weinig van elkaar te verschillen (bochtigheid komt zelden boven een waarde van 20 dm/100 m, zie bijlage 2). In 4.5 werd reeds opgemerkt dat relaties met de verhardingsbreedte als verklarende variabele bij groep IV buiten beschouwing werden gelaten. Vergelijking met dergelijke relaties voor de eerste drie groepen is dan ook niet mogelijk. Op grond van de significant lagere gemiddelde- en 85%-snelheid in groep IV ten opzichte van de andere drie groepen kan toch geconcludeerd worden dat het nuttig is deze groep te onderscheiden. De gemiddelde- en 85%-snelheid worden het nauwkeurigst voorspeld door (57) respectievelijk (58), (zie fig. 14).

De eerste drie groepen echter kunnen op grond van het bovenstaande, bijeengevoegd worden.

Blijkbaar hebben een ondoorzichtige wegomgeving en het voorkomen van uitritten slechts dan een reducerende invloed op de snelheid van personenauto's als deze omstandigheden in combinatie voorkomen. Met andere woorden, pas als de kans op dwarsconflicten maximaal is wordt hierop gereageerd door de snelheid aan te passen.

Op de verzamelde gegevens van groep I, II en III werd nogmaals de lineaire regressie-analyse toegepast (zie bijlage 4) waarvan hieronder de voornaamste resultaten worden vermeld. Zie tabel 3 voor een over-

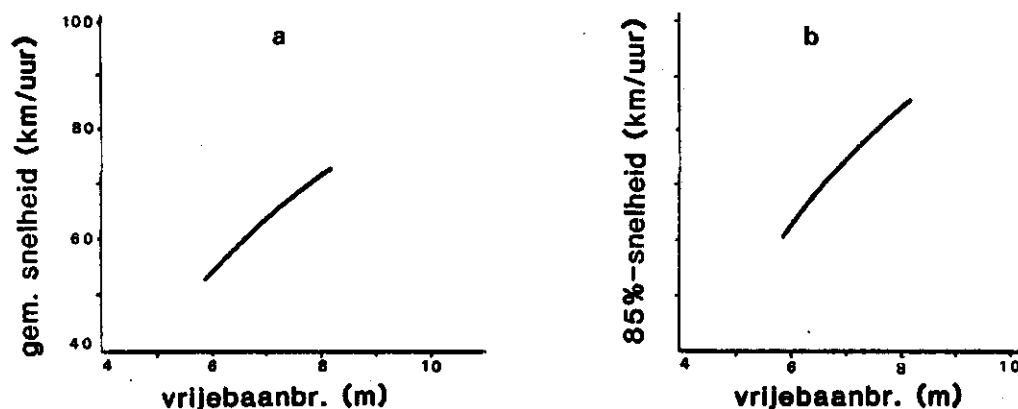


Fig. 14. Verband tussen: a. gemiddelde snelheid en vrijebaanbreedte voor groep IV (57); b. 85%-snelheid en vrijebaanbreedte voor groep IV (58)

zicht van de verzamelde gegevens van deze drie groepen samen.

De belangrijkste variabelen zijn weer de bochtigheid en de verhardingsbreedte, in formule:

voor de gemiddelde snelheid:

$$\bar{v} = -0,326 D + 72,5 \quad r = -0,56 \quad (64)$$

$$S = 7,8 \text{ km/uur}$$

$$\bar{v} = 80,2 \log VH + 14,61 \quad r = 0,54 \quad (65)$$

$$S = 7,9 \text{ km/uur}$$

Tabel 3. Bereik van de gemeten variabelen per groep. Groep I + II + III doorzichtige wegomgeving (ongeacht het aantal uitritten/100 m) en ondoorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m (143 meetsituaties; $\sigma = 12,4 \text{ km/uur}$)

Variabele	Bereik van de gemeten variabelen		
	minimum	gemiddeld	maximum
\bar{v} (km/uur)	37,7	69,88	86,8
v_{85} (km/uur)	42,8	81,64	102,0
D (dm/100 m)	0,0	7,90	99,5
VB (m)	4,0	7,66	14,9
Z (m)	100,0	442,10	1450,0
VH (m)	3,0	4,94	6,7
BB (m)	0,1	1,36	5,5

voor de 85%-snelheid:

$$v_{85} = -0,397 D + 84,8 \quad r = -0,59 \quad (66)$$
$$S = 8,9 \text{ km/uur}$$

$$v_{85} = 91,7 \log VH + 18,4 \quad r = 0,53 \quad (67)$$
$$S = 9,3 \text{ km/uur}$$

Bij meervoudige regressie met 2 variabelen wordt weer het beste resultaat bereikt bij combinatie van de bochtigheid en de verhardingsbreedte, in formule:

voor de gemiddelde snelheid:

$$\bar{v} = 63,7 \log VH - 0,265 D + 28,1 \quad R = 0,70 \quad (68)$$
$$S = 6,7 \text{ km/uur}$$

voor de 85%-snelheid:

$$v_{85} = 71,3 \log VH - 0,329 D + 35,1 \quad R = 0,72 \quad (69)$$
$$S = 7,7 \text{ km/uur}$$

$F = \frac{S_{64}^2}{S_{68}^2} = 1,36$ overschrijdingskans < 10%, (68) geeft een significant lagere residuele standaardafwijking dan (64) en (65).

$F = \frac{S_{66}^2}{S_{69}^2} = 1,34$ overschrijdingskans < 10%, (69) geeft een significant lagere residuele standaardafwijking dan (66) en (67).

Bij meervoudige regressie met meer dan 2 verklarende variabelen worden, uitgaande van (68) en (69) met behulp van voorwaartse selectie de variabelen zichtlengte en bermbreedte toegevoegd.

De residuele standaardafwijking bedraagt dan 6,6 km/uur voor de gemiddelde snelheid en 7,6 km/uur voor de 85%-snelheid. Dit betekent geen significante verlaging van de residuele standaardafwijking ten opzichte van (68) en (69).

Conclusie: ook als men de meetgegevens van de groepen I, II en III bij elkaar voegt blijken de bochtigheid en de verhardingsbreedte in combinatie de gemiddelde- en 85%-snelheid het nauwkeurigst te voorspellen. Met het oog op de praktische bruikbaarheid van de uiteindelijk

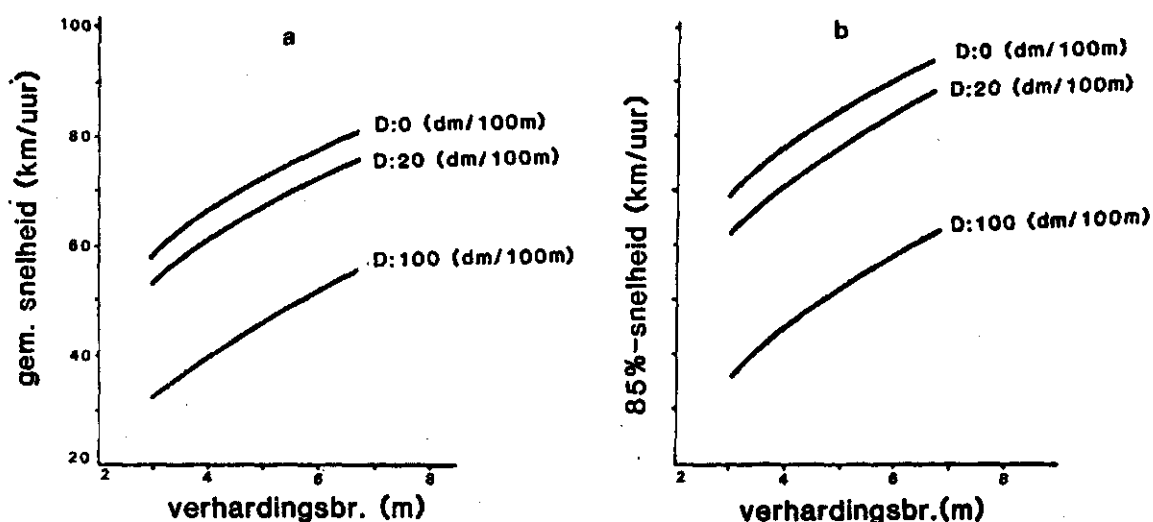


Fig. 15. Verband tussen: a. gemiddelde snelheid en verhardingsbreedte bij bochtigheid 0,20 en 100 voor groep I + II + III (68); b. 85%-snelheid en verhardingsbreedte bij bochtigheid 0,20 en 100 voor groep I + II + III (69)

te gebruiken vergelijkingen kan het onderscheid in de groepen I, II en III daarom beter achterwege worden gelaten. De gemiddelde- en 85%-snelheid worden voorspeld met behulp van (68) en (69) (zie fig. 15).

4.5. Samenvatting regressie-analyse

Met lineaire regressie-analyse is aangetoond dat het nuttig is bij de voorspelling van de gemiddelde- en 85%-snelheid van personenauto's op plattelandswegen, onderscheid te maken in twee verschillende situaties van wegomgeving en aanwezigheid van uitritten. Bij groep I + II + III: doorzichtige wegomgeving (ongeacht het aantal uitritten/100 m) en ondoorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m, wordt de gemiddelde- en 85%-snelheid het nauwkeurigst voorspeld met de vergelijkingen (68) respectievelijk (69).

Deze vergelijkingen geven een significant nauwkeurigere voorspelling van de gemiddelde- en 85%-snelheid dan enkelvoudige relaties van de snelheid met de verschillende invloedsvariabelen. Vergelijkingen met meer dan twee verklarende variabelen geven geen significant lagere residuele standaardafwijking dan (68) en (69).

Bij groep IV; ondoorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m, wordt de gemiddelde- en 85%-snelheid het nauwkeurigst voorspeld met de vergelijkingen (57) respectievelijk (58).

Vergelijkingen met meer dan 1 verklarende variabele geven geen significant lagere residuele standaardafwijking dan (57) en (58).

De gemiddelde- en 85%-snelheid over alle situaties in groep I + II + III is significant hoger dan die van groep IV.

Blijkbaar past de automobilist pas dan zijn snelheid aan als de kans op dwarsconflicten het hoogst is (ondoorzichtige wegomgeving met veel uitritten/100 m). Zolang de wegomgeving nog doorzichtig is, of wanneer geen kruisend verkeer verwacht wordt, blijft de snelheid gehandhaafd.

Bij groep I + II + III wordt de snelheid het nauwkeurigst voorspeld door een vergelijking met de bochtigheid en de verhardingsbreedte als verklarende variabelen. Bij groep IV wordt de snelheid het nauwkeurigst voorspeld door de vrijebaanbreedte. Het sterke verband dat bij groep IV tussen de snelheid en de vrijebaanbreedte gevonden wordt, wordt toegeschreven aan de verwachting dat verkeer uit uitritten bij een grotere vrijebaanbreedte eerder wordt waargenomen. Dit vermindert de kans op dwarsconflicten, hetgeen weer een sterk effect heeft op de snelheid.

Verwacht wordt dat bij een grotere spreiding in de verhardingsbreedte ook in groep IV een sterkere positieve relatie tussen de snelheid en de verhardingsbreedte gevonden wordt. Verder onderzoek is hiervoor gewenst.

Ook de overige variabelen, vrijebaanbreedte, zichtlengte en bermbreedte bij groep I + II + III, en bochtigheid, zichtlengte en bermbreedte bij groep IV vertonen een relatie met de gemiddelde- en 85%-snelheid. Toch wordt er bij toevoeging van deze variabelen aan de vergelijkingen (68) en (69) respectievelijk (57) en (58), geen verlaging van de residuele standaardafwijking bereikt. Een mogelijke verklaring hiervoor is de correlatie tussen de variabelen onderling (b.v. tussen bochtigheid en zichtlengte, zie bijlage 5). Een gevolg van deze 'multicollineariteit' is dat met minder zekerheid gezegd kan worden welke verklarende variabelen relevant zijn (bij meervoudige regressie). Met de hier gebruikte proefopzet is dit probleem nauwelijks te ondervangen.

5. VERGELIJKING VAN DE RESULTATEN MET VORIGE STUDIES

Vergelijking van de resultaten van dit onderzoek met vorige studies (zie 2) leert dat steeds dezelfde variabelen een belangrijke rol spelen bij de beïnvloeding van de snelheid van personenauto's op plattelandswegen. De sterkte van het verband tussen snelheid en invloedsvariabelen (correlatie) verschilt echter per onderzoek en is waarschijnlijk afhankelijk van de situering der meetpunten en meettechniek van de invloedsfactoren. Dit is met name het geval bij vergelijking van studies uit verschillende landen, waarbij vele factoren (b.v. landschap, verkeersregels, menselijke kenmerken) kunnen verschillen. Variabelen als bochtigheid en zichtlengte kunnen op verschillende wijze worden gemeten (vergelijk dit onderzoek met het onderzoek van WAHLGREN (1967)). Ook de spreiding in de gemeten invloedsfactoren is in dit verband erg belangrijk. Dit onderzoek vertoont de meeste overeenkomsten met het onderzoek van MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973) (situering der meetpunten, meettechniek, hoeveelheid gegevens).

Een vergelijking tussen de beide onderzoeken wordt hier meer in detail uitgewerkt.

De enkelvoudige relaties tussen gemiddelde snelheid en zichtlengte, vrijebaanbreedte, verhardingsbreedte en bochtigheid die door Michels en Van der Heijden werden gevonden, zijn in fig. 16 weergegeven samen met dezelfde relaties die in het huidige onderzoek werden gevonden voor groep I + II + III en groep IV (hier wordt de verhardingsbreedte weer buiten beschouwing gelaten). Tabel 4 geeft een overzicht van de in fig. 16 weergegeven vergelijkingen.

Tabel 5 geeft een overzicht van de door Michels en Van der Heijden gemeten variabelen (zie ook tabel 1 en tabel 3).

Michels en Van der Heijden vonden een sterker effect van de zichtlengte op de snelheid (fig. 16a). Bij zichtlengten groter dan ca. 250 m wordt de gemiddelde snelheid op grond hiervan hoger geschat dan bij groep IV, en bij zichtlengten groter dan ca. 400 m ook hoger dan bij groep I + II + III. Deze waarden blijken ongeveer overeen te stemmen met de gemiddelde zichtlengte in groep IV respectievelijk groep I + II + III. De gemiddelde zichtlengte bij Michels en Van der Heijden was iets groter dan bij groep I + II + III. Er is geen duidelijke verklaring voor het geringere effect van de zichtlengte dat in het huidige onderzoek gevonden werd.

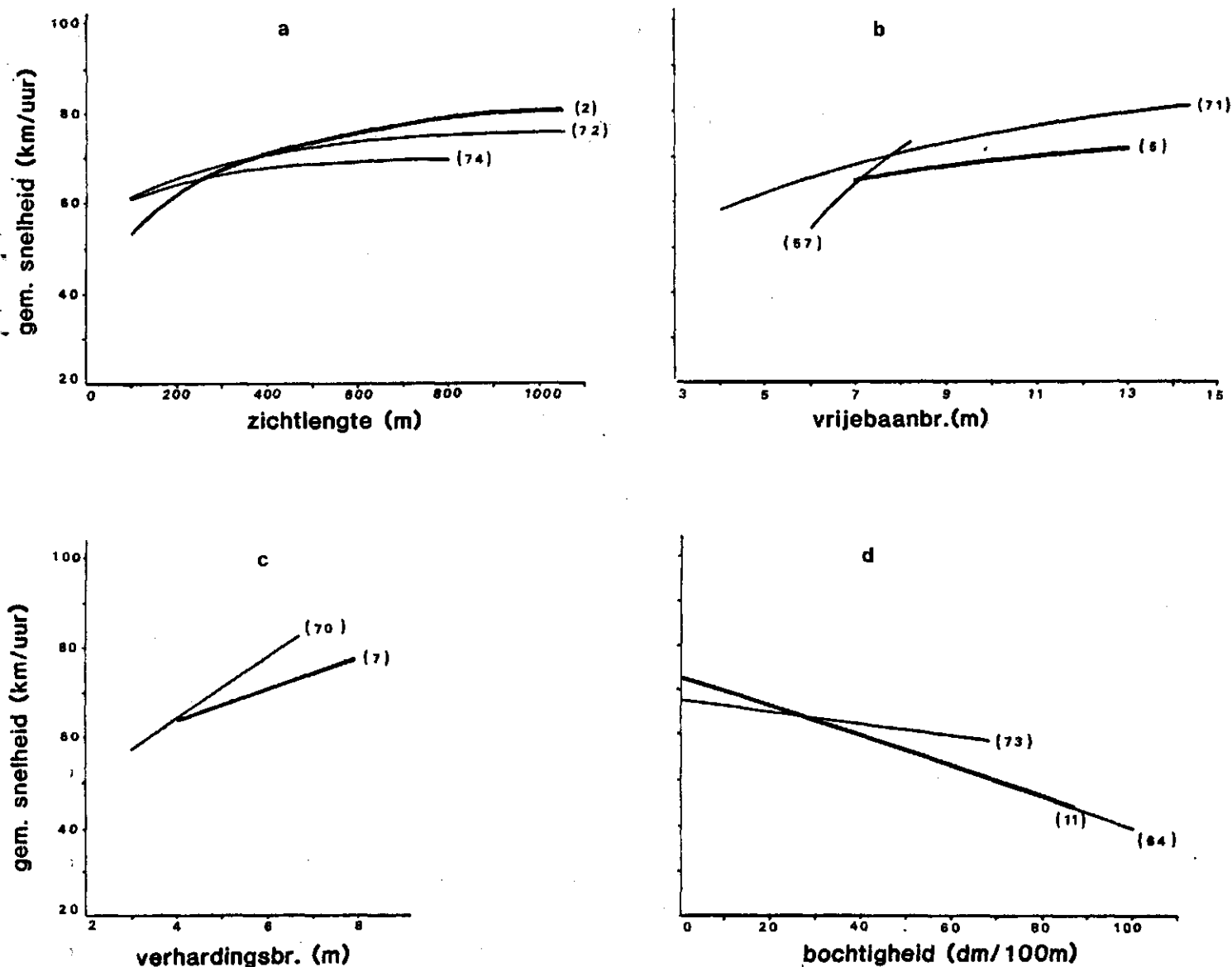


Fig. 16. Verband tussen gemiddelde snelheid en: a. zichtlengte; b. vrijebaanbreedte; c. verhardingsbreedte; d. bochtigheid (zie tabel 4)

Bij groep IV werd een sterker effect van de vrijebaanbreedte (fig. 16b) op de snelheid gevonden dan bij groep I + II + III en dan bij Michels en Van der Heijden. Dit is te verklaren met de (gemiddeld) kleinere vrijebaanbreedte en de combinatie van een ondoorzichtige weg-omgeving met veel uitritten/100 m in groep IV (zie 4.5).

Bij groep I + II + III wordt een sterker effect van de verhardingsbreedte (fig. 16c) op de snelheid gevonden dan bij Michels en Van der Heijden. Dit kan verklaard worden uit de kleinere minimale en gemiddelde verhardingsbreedte die bij groep I + II + III gevonden werd.

Tabel 4. Samenvatting van de in fig. 16 vergeleken resultaten

Michels en Van der Heijden				Groep I + II + III				Groep IV			
		r	S (km/uur)			r	S (km/uur)			r	S (km/uur)
\bar{v}	28,16	log Z - 2,8 (2)	0,75	7,4	\bar{v}	14,06	log Z +34,0 (72)	0,42	8,5	\bar{v}	9,94
\bar{v}	27,61	log VB+41,1 (5)	0,31	10,6	\bar{v}	41,04	log VB+34,0 (71)	0,42	8,5	\bar{v}	137,80
\bar{v}	3,60	VH +49,0 (7)	0,29	10,7	\bar{v}	7,13	VH +34,6 (70)	0,54	7,9	\bar{v}	
\bar{v}	-0,323	D +72,3 (11)	-0,62	8,8	\bar{v}	-0,326	D +72,5 (64)	-0,56	7,8	\bar{v}	-0,131
											D +67,4 (73)

r = correlatiecoëfficiënt S = residuele standaardafwijking (km/uur)

Tabel 5. Bereik van de gemeten variabelen door MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973) (58 meetsituaties)

Variabele	Minimum	Gemiddeld	Maximum
\bar{v} (km/uur)	40,5	68,9	90,8
D (dm/100 m)	0,0	9,7	87,0
VB (m)	7,0	10,6	25,0
Z (m)	100,0	451,1	1725,0
VH (m)	4,2	5,5	7,8

Zowel op grond van de verhardingsbreedte als de vrijebaanbreedte wordt de snelheid in groep I + II + III hoger geschat dan bij Michels en Van der Heijden. Mede gezien de gemiddeld kleinere verhardingsbreedte en vrijebaanbreedte bij groep I + II + III dient dit effect weer te worden toegeschreven aan de indeling in groepen die hier gehanteerd wordt. Het effect van de bochtigheid (fig. 16d) op de snelheid is bij groep I + II + III even sterk als bij Michels en Van der Heijden. Bij groep IV is het effect van de bochtigheid iets kleiner. De gemiddelde bochtigheid bij groep IV is echter aanzienlijk groter dan bij groep I + II + III en dan bij Michels en Van der Heijden (22,15 t.o.v. 7,18 resp. 9,7 dm/100 m). Voor waarden van de bochtigheid kleiner dan ca. 25 dm/100 m wordt de gemiddelde snelheid in groep IV kleiner geschat dan bij groep I + II + III en dan bij Michels en Van der Heijden. In de meeste gevallen is de bochtigheid van plattelandswegen (m.n. bij groep I + II + III) ook kleiner dan ca. 25 dm/100 m (zie bijlage 2).

Bij Michels en Van der Heijden wordt de gemiddelde snelheid met (16) (combinatie van zichtlengte en verhardingsbreedte) niet significant

nauwkeuriger geschat dan met (2) (alleen de zichtlengte), met een residuele standaardafwijking van 6,5 respectievelijk 7,4 km/uur.

In het huidige onderzoek wordt de gemiddelde snelheid het nauwkeurigst geschat door (68) (combinatie van bochtigheid en verhardingsbreedte) bij groep I + II + III, en door (57) (alleen de vrijebaانبreedte) bij groep IV, met een residuele standaardafwijking van 6.7 km/uur respectievelijk 4,9 km/uur.

Vergelijkt men (16) met (68) dan blijkt dat de variabele zichtlengte bij (16) wordt vervangen door de bochtigheid bij (68). Dit is gezien de sterkte correlatie tussen de beide variabelen (zie bijlage 5) niet zo verwonderlijk. De nauwkeurigheid van het uiteindelijke resultaat verschilt nauwelijks.

Vergelijking (57) voor groep IV geeft een nauwkeuriger voorspelling van de gemiddelde snelheid dan (16) en (68). Hieruit wordt geconcludeerd dat het zinvol is de indeling in groep I + II + III en groep IV te hanteren bij de voorspelling van de gemiddelde- en 85%-snelheid van personenauto's op plattelandswegen.

Aldus wordt, als nieuw element aan het inzicht in het snelheidsgedrag van automobilisten op plattelandswegen toegevoegd, de invloed van de doorzichtigheid van de wegomgeving, in combinatie met het voorkomen van veel of weinig uitritten (mogelijke dwarsconflicten).

6. VOORTZETTING VAN HET ONDERZOEK

Uit dit onderzoek is gebleken dat het zinvol is onderscheid te maken naar doorzichtigheid van de wegomgeving en aantal uitritten/100 m voor het snelheidsmeetpunt. De indeling die hier gehanteerd wordt is nog vrij grof en kan waarschijnlijk verfijnd worden. Hiervoor is meer inzicht gewenst in het verband tussen zichtbaarheid/herkenbaarheid van uitritten en snelheid van automobilisten. Voorts dient gezocht te worden naar een meetmethode om de doorzichtigheid van de wegomgeving in maat en getal vast te leggen zodat de indeling van meetsituaties in doorzichtige- en ondoorzichtige wegomgeving eenduidiger gemaakt kan worden.

Bij de evaluatie van wegenplannen in het kader van de landinrichting is de reistijd over wegvakken een belangrijk gegeven. Onderzoek naar het verband tussen gemiddelde- en 85%-snelheid over een wegvak, en

voor dat wegvak geldende variabelen zoals gemiddelde (of gesommeerde) bochtigheid, gemiddelde verhardingsbreedte en vrijebaanbreedte, wegomgeving en intensiteit en samenstelling van het verkeer, kan hierin meer inzicht bieden.

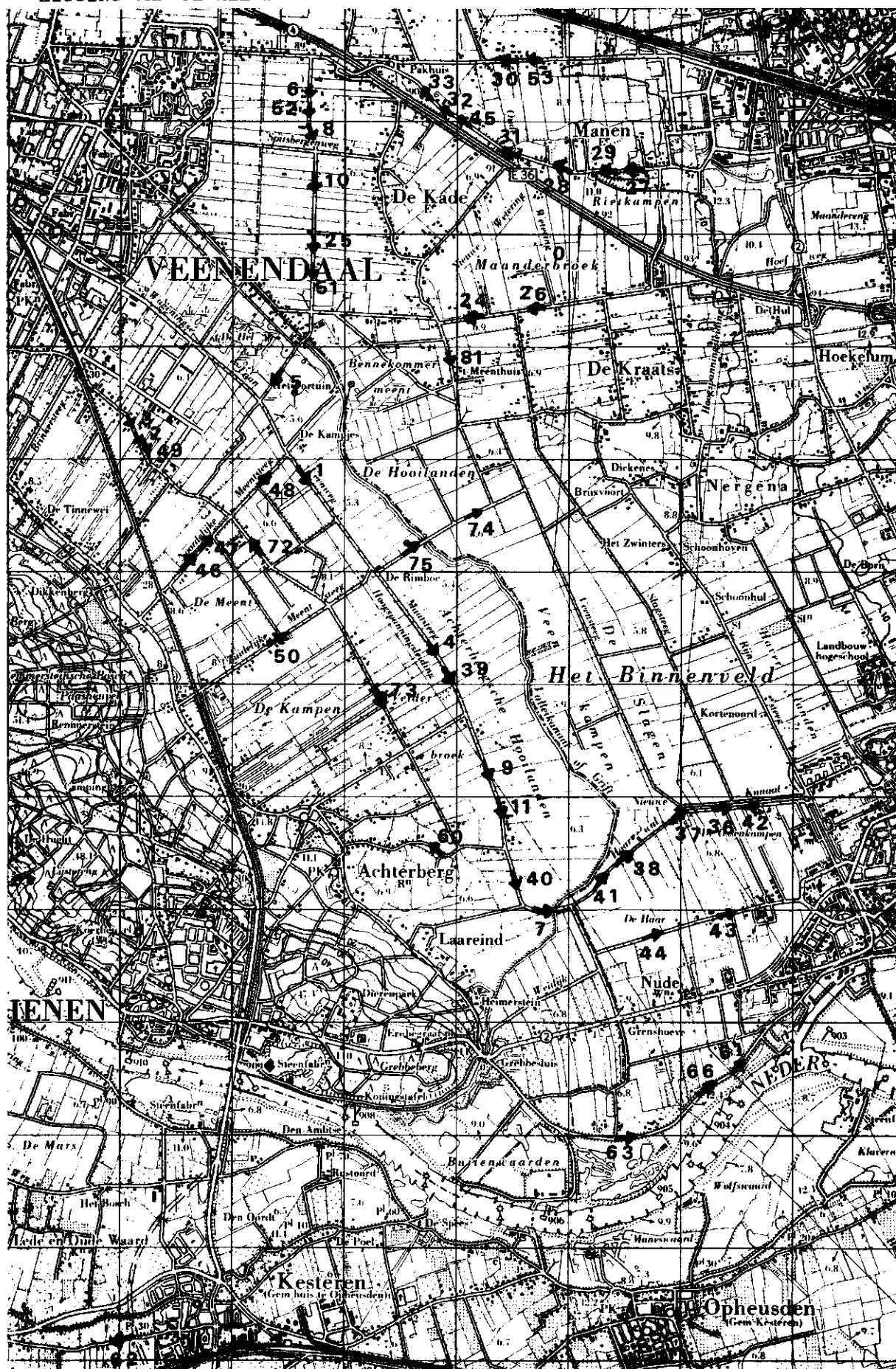
Omdat de reistijd niet voor alle weggebruikers een even zwaar geldende factor is (b.v. recreatieverkeer v.s. woon-werkverkeer), is ook het verband tussen het ritmotief van automobilisten en de gemiddelde snelheid over een wegvak een interessant gegeven om te onderzoeken.

Tenslotte vormt het door snelheidsonderzoek verkregen inzicht in het snelheidsgedrag van automobilisten op plattelandswegen een aanknopingspunt bij het zoeken naar mogelijkheden om de verkeersveiligheid op plattelandswegen te verbeteren, en is als zodanig ook van belang bij de evaluatie van wegenplannen.

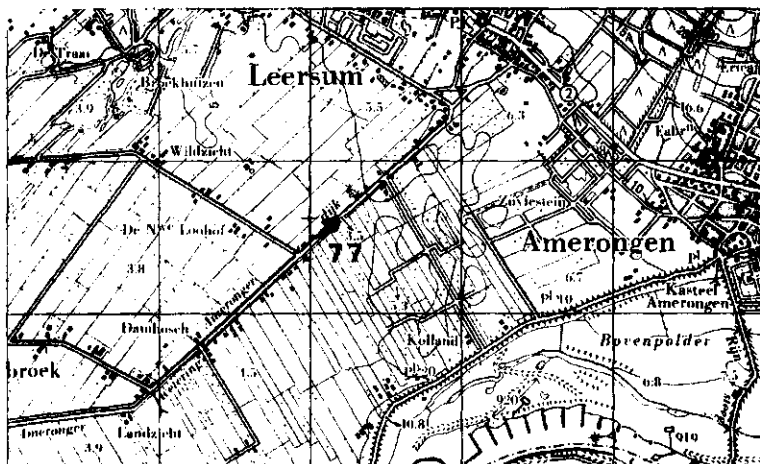
LITERATUUR

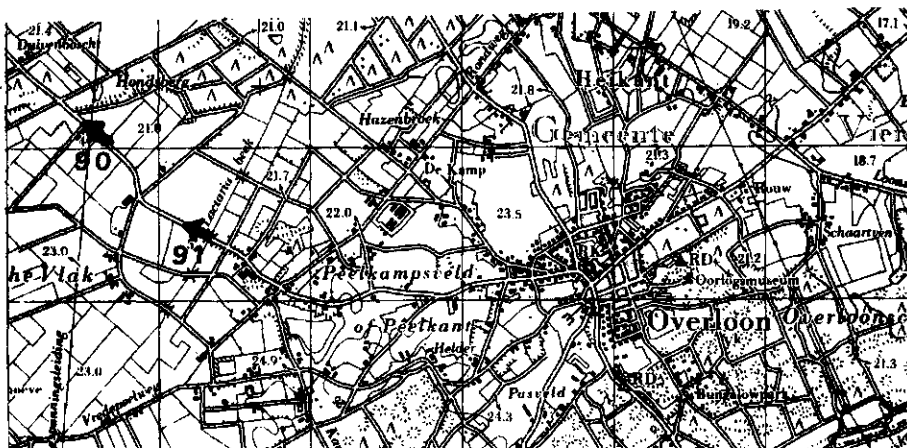
- BLAAUW, G.J., 1975. Onderzoek naar het kijk- en rijgedrag van automobilisten op enkele gebogen en rechte weggedeelten. Verkeerskunde, 26/8.
- DONGEN, J.J.C.M. VAN, 1980. Snelheden op plattelandswegen. Scriptie Weg- en Waterbouwkunde, LH, Wageningen.
- DUNCAN, N.C., 1974. Rural speed/flow relations. TRRL Laboratory Report 651. Crowthorne.
- HEIJDEN, Th.G.C. VAN DER, 1978. De invloed van weg- en verkeerskenmerken op rij snelheden van personenauto's. Nota ICW 1106, Wageningen.
- , 1984. Enkelvoudige ongevallen en ongevallen bij kruisingen, aansluitingen en uitritten op plattelandswegen. Nota ICW 1573, Wageningen.
- MCLEAN, J., 1976. Vehicle speeds on high standard curves. ARRB Proceedings, Volume 8.
- , 1981. Driver speed behaviour and rural road alignment design. Traffic Engineering and Control, vol. 22, No. 4.
- MICHELS, Th. en Th.G.C. VAN DER HEIJDEN, 1973. Snelheidsgedrag van automobilisten op wegen buiten de bebouwde kom. Nota ICW 786, Wageningen.

- NIEUWENHOF, H. en Th. MICHELS, 1983. Verkeersveiligheid op plattelandswegen. Verkeerskunde 34/9.
- O'FLAHERTY, C.A. en R.D. COOMBE, 1971. Speeds on level rural roads: a multivariate approach. Traffic Engineering and Control, Vol. 13, No. 1, 2 and 3.
- POLUS, A. c.s., 1983. Relationships of flow characteristics and highway geometry. Highway appraisal and design, Proceedings of seminar, England. Vol. P 239.
- RITCHIE, U.L., 1972. Choise of speed in driving through curves as a function of advisory speed and curve signs. Human Factors 14/6.
- SLANGEN, B., 1983. Verandering van de weg (omgeving) kan leiden tot snelheidsverlaging. Wegen, oktober 1983.
- WAHLGREN, O., 1967. The dependence of vehicle speeds on different factors particularly road geometry on two-lane highwaus in Finland. Hensinki.
- WIND, H.B., 1975. De invloed van een aantal factoren op de rijsnelheid van automobilisten op plattelandswegen. Scriptie Weg- en Waterbouwkunde, LH Wageningen.
- REGTERSCHOT, D., 1983. Notitie evaluatie van wegenplannen. Onderwerp: hoofdlijnen van de evaluatie van wegenplannen. Landinrichtingsdienst, Afdeling Wegen en Verkeer, Utrecht.
- VELDE, P.J. TE, 1985. De invloed van de onvlakheid van wegverhardingen op de rijsnelheid van personenauto's. Nota ICW 1599, Wageningen.









BIJLAGE 2

OVERZICHT VAN DE VERZAMELDE GEGEVENS PER MEETSITUATIE EN PER GROEP

Groep 1 Doorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100m.										
M	U	D	VB	VH	RB	Z	V	V85	S	N
3.2	1	0.0	6.2	5.0	0.6	170	56.5	66.0	11.4	93
5.1	0	0.0	6.2	5.1	0.6	350	72.3	87.5	15.8	111
5.2	0	2.0	6.2	5.1	0.5	325	68.4	75.7	9.5	138
6.2	1	0.0	6.7	5.9	0.9	375	73.8	87.7	14.4	118
7.1	0	18.5	7.9	5.0	1.2	210	59.5	66.0	7.8	107
7.2	0	33.5	7.9	5.0	1.7	220	60.9	71.8	13.1	127
8.1	1	2.5	6.5	5.1	1.0	180	64.4	78.8	15.7	104
9.1	1	0.0	8.4	5.2	2.0	625	82.7	98.0	13.8	101
9.2	1	0.0	8.4	5.2	1.2	625	82.8	97.0	14.2	112
10.1	0	0.0	7.1	5.3	1.0	1450	73.5	87.8	13.4	102
10.2	0	0.0	7.1	5.3	0.8	325	75.9	89.0	12.9	130
19.2	1	3.5	7.5	5.3	1.2	325	75.4	85.0	11.2	127
23.1	1	0.0	9.3	5.3	1.3	650	69.9	82.5	12.3	142
23.2	1	0.0	9.3	5.3	2.7	450	73.2	85.5	12.0	98
24.2	0	0.0	8.0	5.0	1.0	155	76.2	89.5	13.6	88
26.2	0	0.0	6.7	5.3	0.6	1050	75.9	89.7	14.6	106
32.1	1	0.0	6.7	5.0	1.0	275	72.1	83.5	11.1	103
34.2	0	17.5	7.3	5.3	1.0	150	70.3	81.2	11.4	97
36.1	1	0.0	5.7	4.4	0.5	625	73.5	84.0	11.6	96
36.2	0	0.0	5.7	4.4	0.8	400	74.4	86.6	14.0	104
37.1	1	10.0	6.2	4.3	1.4	225	67.8	77.7	10.9	95
38.1	0	20.0	6.6	4.1	1.3	225	69.4	80.0	13.0	87
38.2	0	12.5	6.6	4.1	1.2	140	72.0	83.0	10.8	97
40.1	0	3.5	8.3	4.9	1.6	325	71.9	85.5	12.7	119
40.2	1	4.5	8.3	4.9	1.8	375	71.0	79.6	10.5	100
41.1	0	31.5	7.0	4.4	1.0	175	65.4	75.0	9.9	88
41.2	0	0.0	7.0	4.4	1.6	150	66.0	74.7	10.1	90
43.1	0	0.0	9.6	4.4	1.2	400	69.6	80.5	12.3	77
44.1	0	0.0	8.7	4.1	1.5	500	68.8	79.0	12.9	61
44.2	0	0.0	8.7	4.1	3.2	575	65.8	81.0	13.1	105
45.1	0	4.0	6.5	4.5	1.0	250	68.5	77.0	9.3	101
45.2	1	12.5	6.5	4.5	1.0	500	68.5	78.0	11.0	104
60.2	0	99.5	5.6	4.0	0.9	130	37.7	42.8	5.6	65
61.1	0	0.0	6.5	4.9	0.8	200	76.0	89.3	13.7	95
61.2	0	36.0	6.5	4.9	0.8	375	77.1	90.6	12.3	148
63.2	0	3.0	7.3	5.4	1.0	175	77.1	92.6	16.0	134
64.2	0	50.0	5.1	3.1	1.0	180	44.4	53.0	8.8	61
66.2	0	10.0	6.8	5.1	1.0	200	77.0	89.0	12.4	100
74.1	1	0.0	8.4	4.6	1.4	700	72.4	83.0	11.6	116
74.2	1	0.0	8.4	4.6	2.4	250	68.9	80.2	10.1	108
75.1	0	0.0	11.0	4.7	3.3	300	73.2	83.5	11.3	121
75.2	0	0.0	11.0	4.7	3.0	400	68.0	78.0	10.4	88
78.1	1	0.0	4.0	3.0	0.5	550	58.3	68.0	9.0	68
81.1	1	0.0	6.2	4.3	1.1	350	67.6	78.0	9.4	82
81.2	0	0.0	6.2	4.3	0.8	350	69.4	81.0	14.4	85
82.1	0	0.0	7.8	6.5	1.0	1000	79.0	93.3	14.5	160
82.2	0	0.0	7.8	6.5	0.3	900	77.8	91.0	12.6	141
83.2	0	0.0	7.3	6.7	0.3	400	78.4	91.6	12.2	140
84.1	1	4.5	8.9	4.8	1.8	225	75.6	87.4	13.5	185
84.2	1	0.0	8.9	4.8	2.3	150	75.0	86.0	13.0	147
90.1	0	0.0	8.3	5.5	1.4	600	79.1	90.0	12.7	136
90.2	0	0.0	8.3	5.5	1.4	250	81.3	94.6	13.8	146
91.1	0	0.0	9.1	5.4	1.3	400	83.2	93.3	13.0	112
91.2	0	0.0	9.1	5.4	1.4	350	75.9	98.6	12.3	116

M = meetsituatie no.
 U = aantal uitritten/100m
 D = bochtisheid (dm/100m)
 VB = vrijebaanbreedte (m)
 VH = verhardingsbreedte (m)
 RB = bermbreedte (m)
 Z = zichtlengte (m)

V = gemiddelde snelheid (km/uur)
 V85 = 85%-snelheid (km/uur)
 S = standaardafwijking (km/uur)
 N = aantal waarnemingen

Groep II Doorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100m.

M	U	D	VR	VH	BR	Z	V	V85	S	N
2.1	4	0.0	6.0	4.9	0.6	350	65.2	75.0	10.1	62
3.1	2	37.5	6.2	5.0	0.6	155	55.5	65.7	11.1	85
6.1	3	0.0	6.7	5.9	0.8	475	66.3	78.0	12.1	107
11.1	3	19.5	8.8	5.0	1.8	375	79.6	92.2	12.8	103
11.1	3	19.5	8.8	5.0	1.8	375	78.6	88.0	10.4	101
11.2	4	12.0	8.8	5.0	2.0	200	77.1	88.5	11.4	100
11.2	4	12.0	8.8	5.0	2.0	200	76.2	87.6	11.1	101
14.1	5	43.0	6.7	5.4	0.8	125	51.9	59.3	7.9	111
16.1	3	0.0	7.3	5.3	1.0	925	73.3	87.0	14.1	118
19.1	2	0.0	7.5	5.3	1.0	300	76.4	89.5	12.7	104
22.1	2	0.0	8.5	5.3	1.2	825	71.0	84.6	15.2	130
22.2	2	0.0	8.5	5.3	2.0	750	75.5	88.5	15.2	104
24.1	2	0.0	8.0	5.0	2.0	525	80.2	93.0	14.0	100
25.1	2	0.0	7.0	5.2	1.0	825	79.5	92.0	14.3	107
25.2	2	0.0	7.0	5.2	0.8	950	75.5	87.0	12.8	140
26.1	2	0.0	6.7	5.3	0.8	1050	78.8	93.0	13.8	104
30.1	4	0.0	14.9	6.0	5.5	475	69.0	78.3	10.2	113
30.1	4	0.0	14.9	6.0	5.5	475	74.5	89.0	14.9	114
30.2	6	0.0	14.9	6.0	3.4	1050	76.6	85.5	11.0	110
30.2	6	0.0	14.9	6.0	3.4	1050	75.7	86.0	12.4	107
32.2	2	5.0	6.7	5.0	0.7	200	71.7	81.7	9.4	103
33.2	4	4.0	7.6	5.0	1.3	200	67.0	77.0	10.3	121
49.1	3	0.0	6.1	5.0	0.7	400	59.1	73.5	12.1	82
49.2	2	0.0	6.1	5.0	0.4	275	56.6	79.1	11.9	93
50.1	3	0.0	8.6	5.1	1.5	1075	82.9	97.0	15.1	103
50.2	4	0.0	8.6	5.1	2.0	900	80.4	93.5	13.9	102
51.1	3	0.0	6.5	5.1	0.9	675	78.2	90.7	14.1	99
51.2	4	0.0	6.5	5.1	0.5	1100	74.3	88.3	14.9	107
52.1	4	0.0	6.8	5.0	1.0	450	74.4	86.0	12.9	102
52.2	2	0.0	6.8	5.0	0.8	500	72.7	83.3	10.5	112
53.1	2	0.0	9.0	5.5	1.0	650	65.2	75.5	10.5	132
53.2	4	0.0	9.0	5.5	2.5	850	61.9	69.9	9.0	108
60.1	2	39.5	5.6	4.0	0.7	200	39.2	44.6	7.3	52
62.2	2	10.5	7.3	4.6	0.6	175	58.1	72.0	15.0	100
63.1	2	18.5	7.3	5.4	1.0	200	75.1	91.0	15.5	100
64.1	2	0.0	5.1	3.1	1.0	190	42.5	50.7	8.2	61
65.1	2	32.0	5.4	3.1	1.1	160	38.6	44.4	6.5	75
65.2	2	99.0	5.4	3.1	1.1	170	39.3	46.4	7.6	62
66.1	2	11.0	6.8	5.1	0.7	175	80.5	92.5	14.0	100
73.1	3	0.0	6.7	4.6	1.2	650	63.8	74.8	12.1	97
73.1	3	0.0	6.7	4.6	1.2	650	66.2	76.5	12.8	72
73.2	3	0.0	6.7	4.6	0.9	700	63.2	79.0	14.3	70
73.2	3	0.0	6.7	4.6	0.9	700	66.9	79.0	11.8	64
78.2	2	0.0	4.0	3.0	0.5	600	62.4	73.6	12.1	82
83.1	2	0.0	7.3	6.7	0.3	600	74.6	87.7	13.3	149
85.1	5	0.0	10.4	5.5	3.1	400	72.8	82.0	10.5	122
85.2	2	0.0	10.4	5.5	1.8	450	76.7	88.4	11.3	112
86.1	3	23.0	6.1	4.5	0.6	250	69.7	83.0	12.2	143
86.2	2	11.0	6.1	4.5	1.0	250	68.2	78.6	10.7	125
87.1	4	9.5	9.5	5.5	2.6	300	73.4	87.0	13.8	122
87.2	4	0.0	9.5	5.5	1.4	250	72.3	84.0	12.1	121

M = meet situatie no.
 U = aantal uitritten/100m
 D = bochtisheid (dm/100m)
 VR = vrije baanbreedte (m)
 VH = verhardingsbreedte (m)
 BR = bermbreedte (m)
 Z = zichtlengte (m)

V = gemiddelde snelheid (km/uur)
 V85 = 85%-snelheid (km/uur)
 S = standaardafwijking (km/uur)
 N = aantal waarnemingen

Bijlage 2 vervolg

Groep III Ondoorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100m.

M	U	D	VB	VH	BB	Z	V	V85	S	N
1.1	0	0.0	8.9	5.2	2.1	650	79.6	92.8	12.3	239
1.2	0	0.0	8.9	5.2	1.6	400	80.8	93.0	13.3	178
4.1	0	3.5	8.0	5.1	0.9	275	85.6	101.0	15.0	133
4.1	0	3.5	8.0	5.1	0.9	275	81.4	96.0	14.6	109
4.2	0	8.0	8.0	5.1	2.0	750	86.8	102.0	15.4	121
4.2	0	8.0	8.0	5.1	2.0	750	79.8	91.5	13.7	114
8.2	1	44.4	6.5	5.1	0.4	350	69.0	80.5	15.7	116
12.2	1	15.5	6.5	5.2	0.5	180	61.0	70.0	10.4	111
12.2	1	15.5	6.5	5.2	0.5	180	64.5	73.5	9.5	104
13.2	1	10.5	7.4	5.4	1.0	300	59.0	71.0	11.4	110
13.2	1	10.5	7.4	5.4	1.0	300	59.0	68.7	11.2	99
14.2	1	72.5	6.7	5.4	0.5	100	53.5	60.0	6.4	114
20.2	0	32.0	9.1	6.4	1.2	145	64.1	76.0	12.1	126
21.1	1	0.0	7.2	5.6	0.5	300	71.9	82.4	10.5	128
27.1	1	10.0	11.5	5.2	5.0	225	64.8	76.0	10.3	103
27.1	1	10.0	11.5	5.2	5.0	225	65.2	76.0	10.9	106
27.2	1	20.5	9.3	5.3	0.8	200	66.6	79.0	12.0	124
27.2	1	20.5	9.3	5.3	0.8	200	65.8	75.0	10.4	102
29.1	1	26.5	9.3	5.3	3.2	150	66.6	75.0	9.1	80
37.2	0	0.0	6.2	4.3	0.5	700	64.8	73.5	10.2	113
39.1	0	7.0	8.6	5.0	1.5	375	84.2	98.7	14.8	119
39.1	0	7.0	8.6	5.0	1.5	375	78.2	89.5	12.9	114
39.2	0	6.5	8.6	5.0	2.1	450	81.2	95.0	13.9	105
39.2	0	6.5	8.6	5.0	2.1	450	79.2	91.0	12.2	113
42.1	1	3.0	5.6	4.3	0.7	750	70.4	81.5	10.7	101
42.2	0	2.5	5.6	4.3	0.6	550	67.6	78.5	10.1	114
46.2	1	0.0	7.1	5.0	1.3	400	72.4	85.7	13.1	103
47.1	0	0.0	7.2	5.0	0.8	700	68.9	82.5	13.8	80
47.2	0	0.0	7.2	5.0	1.4	550	70.2	84.5	12.9	76
48.1	0	0.0	5.9	4.9	1.0	500	71.9	85.0	12.3	81
48.2	0	0.0	5.9	4.9	0.1	700	73.5	88.5	13.0	99
62.1	1	0.0	7.3	4.6	2.1	200	58.9	72.8	13.3	104
72.1	0	0.0	7.2	3.9	1.1	550	68.5	81.7	12.0	70
72.1	0	0.0	7.2	3.9	1.1	550	63.3	75.6	11.8	95
72.2	1	0.0	7.2	3.9	1.2	225	65.1	77.0	12.4	63
72.2	1	0.0	7.2	3.9	1.2	225	63.1	76.0	12.1	96
77.1	0	0.0	5.5	4.0	1.0	1000	64.5	79.0	14.3	130
77.2	1	0.0	5.5	4.0	1.0	1000	69.2	82.0	12.6	104

M = meet situatie no.
 U = aantal uitritten/100m
 D = bochtigheid (dm/100m)
 VB = vrije baanbreedte (m)
 VH = verhardingsbreedte (m)
 BB = bermbreedte (m)
 Z = zichtlengte (m)

V = gemiddelde snelheid (km/uur)
 V85 = 85%-snelheid (km/uur)
 S = standaardafwijking (km/uur)
 N = aantal waarnemingen

Groep IV Ondoorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100m.

M	U	D	VB	VH	BB	Z	V	V85	S	N
2.2	2	0.0	6.0	4.9	0.5	325	54.8	63.8	11.3	94
12.1	4	32.0	6.5	5.2	0.8	250	56.5	66.7	10.4	130
12.1	4	32.0	6.5	5.2	0.8	250	60.4	69.2	9.9	107
13.1	2	0.0	7.4	5.4	1.0	250	60.8	73.3	11.1	103
13.1	2	0.0	7.4	5.4	1.0	250	61.1	74.0	11.4	127
15.1	2	67.0	6.9	5.5	1.0	75	56.5	64.0	7.5	99
15.1	2	67.0	6.9	5.5	1.0	75	54.5	62.2	7.1	109
15.2	2	42.5	6.9	5.5	0.4	130	57.5	64.8	8.2	123
15.2	2	42.5	6.9	5.5	0.4	130	59.3	69.6	8.8	116
16.2	3	0.0	7.3	5.3	1.0	400	75.7	89.5	12.7	96
17.1	2	11.5	7.0	5.4	0.6	225	60.2	71.0	10.1	114
17.2	2	13.5	7.0	5.4	1.0	200	59.6	69.4	8.6	128
18.1	5	5.0	7.5	5.3	1.2	350	69.0	84.5	16.3	157
18.2	5	0.0	7.5	5.3	1.0	550	73.1	88.0	16.0	109
20.1	2	45.0	8.2	6.4	0.8	200	66.5	77.0	9.7	114
21.2	2	6.5	7.2	5.6	1.1	250	70.9	81.0	12.9	121
28.1	5	33.5	7.1	5.1	1.2	200	71.2	82.2	12.9	88
28.2	3	4.0	7.1	5.1	0.8	175	71.1	81.8	10.4	99
29.2	3	40.0	7.5	5.4	0.7	90	64.6	74.0	11.5	84
31.1	3	18.0	7.2	5.1	1.5	150	69.7	78.0	9.6	103
31.2	3	33.0	7.2	5.1	0.6	150	67.3	79.9	11.7	117
33.1	5	6.0	7.6	5.0	1.3	250	68.7	79.0	9.6	104
34.1	5	42.0	7.3	5.3	1.0	150	64.8	77.0	12.1	110
35.1	3	16.5	7.7	5.3	1.0	225	67.0	76.5	10.6	92
35.2	2	18.5	7.7	5.3	1.4	200	70.3	83.5	14.9	103
46.1	3	0.0	7.1	5.0	0.8	800	64.8	78.0	12.0	102

M = meet situatie no.
 U = aantal uitritten/100m
 D = bochtisheid (dm/100m)
 VB = vrije baanbreedte (m)
 VH = verhardingsbreedte (m)
 BB = bermbreedte (m)
 Z = zichtlengte (m)

V = gemiddelde snelheid (km/uur)
 V85 = 85%-snelheid (km/uur)
 S = standaardafwijking (km/uur)
 N = aantal waarnemingen

BIJLAGE 3

v	Enkelv.		D		VB		Z		VH		BB		log VB		log Z		log VH		log BB	
	r	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S
Groep I. Doorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m																				
D	-0,69	6,1																		
VB	0,39	7,8	0,72	6,0																
Z	0,32	8,0	0,72	6,1	0,48	7,5														
VH	0,62	6,6	0,80	5,1	0,65	6,5	0,63	6,6												
BB	0,04	8,5	0,69	6,2	0,54	7,2	0,33	8,1	0,63	6,6										
log VB	0,44	7,6	0,73	5,9			0,52	7,3	0,65	6,5	0,57	7,8								
log Z	0,39	7,8	0,70	6,1	0,52	7,3			0,66	6,4	0,40	7,8	0,55	7,1						
log VH	0,64	6,5	0,81	5,0	0,66	6,4	0,66	6,4			0,65	6,5	0,66	6,4	0,68	6,2				
log BB	0,02	8,5	0,69	6,2	0,51	7,3	0,33	8,1	0,64	6,6			0,56	7,1	0,40	7,8	0,66	6,5		
log v																				
D	-0,75																			
VB	0,39		0,75																	
Z	0,31		0,75		0,48															
VH	0,59		0,83		0,63		0,61													
BB	0,05		0,75		0,52		0,32		0,61											
log VB	0,44		0,78				0,51		0,63		0,56									
log Z	0,39		0,76		0,51				0,63		0,40		0,55							
log VH	0,62		0,84		0,64		0,63				0,63		0,64		0,66					
log BB	0,04		0,75		0,50		0,34		0,62				0,55		0,40		0,63			
v ₈₅																				
D	-0,68	7,5																		
VB	0,38	9,5	0,70	7,4																
Z	0,34	9,7	0,70	7,5	0,49	9,1														
VH	0,63	8,0	0,80	6,2	0,66	7,8	0,65	7,9												
BB	0,04	10,3	0,68	7,6	0,52	8,9	0,35	9,7	0,65	7,9										
log VB	0,43	9,3	0,72	7,3			0,52	8,9	0,66	7,8	0,56	8,6								
log Z	0,41	9,4	0,70	7,5	0,52	8,9			0,67	7,7	0,41	9,5	0,55	8,7						
log VH	0,65	7,8	0,81	6,1	0,67	7,8	0,67	7,7			0,66	7,8	0,67	7,8	0,69	7,5				
log BB	0,02	10,3	0,68	7,6	0,50	9,0	0,35	9,7	0,65	7,9			0,55	8,7	0,42	9,5	0,66	7,8		
log v ₈₅																				
D	-0,75																			
VB	0,38		0,76																	
Z	0,33		0,75		0,48															
VH	0,60		0,83		0,63		0,62													
BB	0,05		0,75		0,51		0,34		0,62											
log VB	0,43		0,77				0,52		0,63		0,54									
log Z	0,41		0,75		0,52				0,64		0,41		0,55							
log VH	0,62		0,84		0,64		0,64				0,63		0,64		0,67					
log BB	0,04		0,75		0,49		0,34		0,62				0,54		0,42		0,64			
v																				
Groep II. Doorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m																				
D	-0,57	9,2																		
VB	0,42	10,2	0,64	8,8																
Z	0,45	10,0	0,60	9,1	0,54	9,5														
VH	0,64	8,6	0,71	7,9	0,64	8,7	0,69	8,2												
BB	0,26	10,9	0,60	9,1	0,50	9,8	0,49	9,9	0,64	8,7										
log VB	0,50	9,7	0,67	8,4			0,60		0,64	8,7	0,60	9,1								
log Z	0,50	9,7	0,61	9,0	0,58	9,3			0,70	8,1	0,53	9,6	0,62	8,9						
log VH	0,67	8,4	0,73	7,8	0,67	8,4	0,71	8,0			0,67	8,5	0,67	8,4	0,72	7,8				
log BB	0,30	10,7	0,62	8,9	0,43	10,3	0,51	9,8	0,65	8,6			0,54	9,6	0,54	9,5	0,68	8,4		
log v																				
D	-0,61																			
VB	0,42		0,67																	
Z	0,44		0,63		0,54															
VH	0,67		0,75		0,67		0,71													
BB	0,25		0,63		0,51		0,48		0,67											
log VB	0,50		0,70				0,59		0,67		0,60									
log Z	0,51		0,64		0,58				0,72		0,53		0,62							
log VH	0,69		0,77		0,70		0,71				0,69		0,70		0,75					
log BB	0,28		0,65		0,43		0,49		0,67				0,55		0,54		0,70			
v ₈₅																				
D	-0,60	10,2																		
VB	0,37	11,8	0,64	9,9																
Z	0,44	11,4	0,62	10,1	0,51	11,1														
VH	0,63	9,8	0,72	8,9	0,64	9,9	0,68	9,4												
BB	0,20	12,5	0,61	10,2	0,47	11,3	0,46	11,4	0,64	9,9										
log VB	0,45	11,4	0,66	9,6			0,56	10,7	0,63	9,9	0,57	10,6								
log Z	0,50	11,0	0,63	10,0	0,55	10,7			0,70	9,2	0,51	11,1	0,59	10,4						
log VH	0,66	9,5	0,74	8,6	0,67	9,6	0,71	9,1			0,67	9,6	0,66	9,6	0,72	8,9				
log BB	0,22	12,4	0,62	10,1	0,40	11,8	0,47	11,4	0,63	9,9			0,52	11,0	0,52	11,0	0,66	9,6		
log v ₈₅																				
D	-0,63																			
VB	0,37		0,67																	
Z	0,43		0,65		0,50															
VH	0,65		0,67		0,66		0,69													
BB	0,19		0,64		0,48		0,45		0,66											
log VB	0,45		0,69				0,55		0,66		0,58									
log Z	0,50		0,65		0,55				0,71		0,51		0,59							
log VH	0,69		0,77		0,69		0,72				0,69		0,69		0,74					
log BB	0,21		0,65		0,41		0,46		0,65				0,54		0,51		0,69			

Bijlage 3 vervolg

v	Enkelv.		D		VB		Z		VH		BB		log VB		log Z		log VH		log BB	
	r	S	r	S	r	S	r	S	r	S	r	S	r	S	r	S	r	S	r	S
Groep III. Ondoorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m																				
D	-0,36	7,8																		
VB	0,19	8,2	0,44	7,6																
Z	0,32	8,0	0,40	7,8	0,50	7,4														
VH	0,09	8,4	0,48	7,5			0,43	7,7												
BB	0,09	8,3	0,37	7,9			0,35	8,0												
log VB	0,22	8,2	0,46	7,6			0,54	7,2												
log Z	0,43	7,6	0,45	7,6	0,60	6,8			0,56	7,1	0,46	7,5	0,63	6,6						
log VH	0,12	8,3	0,49	7,4			0,44	7,6							0,57	7,0				
log BB	0,18	8,2	0,39	7,8			0,39	7,8							0,49	7,4				
log v																				
D	-0,39																			
VB	0,19	0,46																		
Z	0,33	0,43		0,51																
VH	0,08	0,50					0,43													
BB	0,09	0,40					0,36													
log VB	0,21	0,48					0,55													
log Z	0,45	0,48		0,61				0,57		0,48		0,64								
log VH	0,10	0,51					0,45								0,58					
log BB	0,18	0,41					0,40								0,50					
v ₈₅																				
D	-0,44	8,8																		
VB	0,15	9,7	0,49	8,7																
Z	0,36	9,1	0,47	8,7	0,52	8,5														
VH	0,03	9,8	0,52	8,5			0,44	8,9												
BB	0,08	9,7	0,44	8,9			0,39	9,1												
log VB	0,18	9,6	0,50	8,6			0,55	8,3												
log Z	0,48	8,6	0,52	8,5	0,62	7,8			0,57	8,1	0,50	8,6	0,65	7,5						
log VH	0,06	9,8	0,53	8,4			0,45	8,9							0,58	8,1				
log BB	0,18	9,6	0,45	8,8			0,42	9,0							0,53	8,4				
log v ₈₅																				
D	-0,48																			
VB	0,15	0,52																		
Z	0,38	0,51		0,53																
VH	0,01	0,55					0,44													
BB	0,08	0,48					0,41													
log VB	0,17	0,54					0,57													
log Z	0,51	0,55		0,64				0,59		0,53		0,67								
log VH	0,03	0,56					0,45								0,59					
log BB	0,18	0,49					0,44								0,55					
Groep IV. Ondoorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m																				
D	-0,45	5,6																		
VB	0,61	4,4	0,72	4,4																
Z	0,30	5,9	0,45	5,7	0,67	4,7														
VH	-0,09	6,2	0,46	5,6	0,75	4,2														
BB	0,52	5,3	0,62	5,0	0,67	4,7	0,59	5,1	0,52	5,4										
log VB	0,62	4,9	0,73	4,3			0,68	4,7	0,75	4,2	0,67	4,7								
log Z	0,39	5,7	0,45	5,7	0,71	4,5					0,62	5,0	0,71	4,5						
log VH	-0,10	6,2	0,46	5,6	0,75	4,2			0,52	5,4	0,75	5,4			0,75	4,2				
log BB	0,51	5,3	0,62	5,0	0,66	4,8	0,57	5,2	0,51	5,5			0,67	4,7	0,60	5,1	0,52	5,4		
log v																				
D	-0,45																			
VB	0,63	0,74																		
Z	0,29	0,45		0,69																
VH	-0,09	0,46		0,76																
BB	0,52	0,62		0,68			0,59	0,52												
log VB	0,63	0,74					0,69	0,76			0,68									
log Z	0,39	0,45		0,72							0,62		0,73							
log VH	-0,09	0,46		0,76							0,52		0,77							
log BB	0,51	0,62		0,68			0,57	0,51					0,68		0,60		0,52			
v ₈₅																				
D	-0,53	6,6																		
VB	0,62	6,1	0,77	5,0																
Z	0,41	7,1	0,54	6,7	0,73	5,4														
VH	0,41	7,1	0,54	6,7	0,73	5,4														
BB	-0,11	7,7	0,54	6,6	0,76	5,1														
log VB	0,62	6,1	0,78	4,9			0,74	5,3	0,77	5,1	0,66	6,0								
log Z	0,50	6,7	0,55	6,6	0,77	5,0					0,67	5,9	0,78	4,9						
log VH	-0,12	7,7	0,54	6,6	0,77	5,1					0,49	6,9	0,77	5,1						
log BB	0,49	6,7	0,66	6,0	0,66	6,0	0,62	6,0	0,50	6,9			0,66	6,0	0,50	6,9				
log v ₈₅																				
D	-0,53																			
VB	0,63	0,79																		
Z	0,41	0,54		0,74																
VH	-0,11	0,55		0,78																
BB	0,48	0,66		0,67			0,62	0,49												
log VB	0,64	0,79					0,75	0,78			0,67									
log Z	0,50	0,55		0,78							0,67		0,79							
log VH	-0,11	0,55		0,78							0,49		0,78							
log BB	0,49	0,66		0,67			0,61	0,50					0,67		0,66		0,50			

r = enkelv. corr. coëff. K = meerv. corr. coëff. S = residuele standaardafwijking (km/uur)

SAMENVATTING REGRESSIE-ANALYSE MET EEN EN TWEE VERKLARENDE VARIABLEN

Groep I + II + III. Doorzichtige wegomgeving (ongeacht het aantal uitritten /100 m) en ondoorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m

\bar{v}	Enkelv.		D		log VB		log Z		log VH	
	r	S	R	S	R	S	R	S	R	S
D	-0,56	7,8								
log VB	0,42	8,6	0,64	7,3						
log Z	0,42	8,5	0,59	7,7	0,57	7,8				
log VH	0,54	7,9	0,70	6,7	0,56	7,8	0,64	7,3		
log BB	0,18	9,3	0,58	7,7	0,46	8,4	0,46	8,4	0,56	7,8

v_{85}

D	-0,59	8,9								
log VB	0,38	10,2	0,65	8,4						
log Z	0,44	9,9	0,61	8,7	0,56	9,2				
log VH	0,53	9,3	0,72	7,7	0,54	9,3	0,64	8,4		
log BB	0,14	10,9	0,60	8,8	0,43	10,0	0,46	9,8	0,54	9,3

r = enkelv. corr. coëff.

R = meerv. corr. coëff.

S = standaardafwijking (km/uur)

CORRELATIE TUSSEN VERKLARENDE VARIABLEN ONDERLING

Groep I + II + III. Doorzichtige wegomgeving en ondoorzichtige wegomgeving met 0 of 1 uitritten/100 m

	D	Z	VB	VH	BB
D	1,00	1,00			
Z	-0,40	1,00			
VB	-0,19	0,10	1,00		
VH	-0,23	0,18	0,52	1,00	
BB	-0,11	0,01	0,82	0,18	1,00

Groep IV. Ondoorzichtige wegomgeving met 2 of meer uitritten/100 m

D	1,00				
Z	-0,64	1,00			
VB	-0,10	0,03	1,00		
VH	0,41	-0,29	0,47	1,00	
BB	-0,21	0,04	0,44	-0,13	1,00

D = bochtigheid (dm/100 m)
 Z = zichtlengte (m)
 VB = vrijebaanbreedte (m)
 VH = verhardingsbreedte (m)
 BB = bermbreedte (m)

juni 1985

RIJSNELHEID OP PLATTELANDSWEGEN

De invloed van weg- en omgevingskenmerken op de
rijsnelheid van personenauto's

Aanvullende berekeningen

A.C.M. Lambregts

I N H O U D

VOORWOORD	Blz.
SAMENVATTING	
1. INLEIDING	1
2. AANVULLENDE BEREKENINGEN	1
2.1. Residuënonderzoek	1
2.2. Oorzaken van spreiding in gemeten snelheden per meetpunt	3
2.3. Behandeling van verklarende variabelen als factoren	3
2.4. Niet lineaire regressie	6
2.5. Toetsing van het verkregen snelheidsmodel	7
3. CONCLUSIES	8
4. VOORTZETTING VAN HET ONDERZOEK	9
BIJLAGE 1	10

SAMENVATTING

Als aanvulling op nota 1610 ICW (LAMBREGTS; 1985) zijn nog enige aanvullende berekeningen uitgevoerd om tot een nauwkeuriger model ter voorspelling van de gemiddelde- en 85%-snelheid van personenauto's op plattelandswegen te komen.

Op grond van een residuënonderzoek werd, in plaats van de groepsindeling in bovengenoemde nota, overgegaan op indeling van de snelheidsmeetpunten in drie categoriën. Daartoe werd op basis van kenmerken die gelden voor een heel wegvak bepaald of de meetpunten liggen op:

- weinig bochtige wegen met weinig uitritten en een doorzichtige wegomgeving
- een tussengroep van wegen met meer uitritten, grotere bochtigheid en minder doorzichtige wegomgeving
- sterk bochtige wegen met veel uitritten en een ondoorzichtige wegomgeving

Deze driedeling werd als factor in een regressie analyse ingebracht. De gemiddelde- en 85%-snelheid van personenauto's op plattelandswegen wordt het nauwkeurigst geschat door een combinatie van deze factor en de variabelen verhardingsbreedte en bochtigheid. In formule:

$$\begin{aligned}\bar{v} &= 50,1(1) - 7,8(2) - 19,9(3) + 40,7 \log VH - 0,129 D \\ &\text{corr. coëff.} \quad R = 0,92 \\ &\text{res. stand. afw. } S = 3,6 \text{ km/uur} \\ v_{85} &= 59,4(1) - 9,5(2) - 21,9(3) + 46,8 \log VH - 0,184 D \\ &\text{corr. coëff.} \quad R = 0,92 \\ &\text{res. stand. afw. } S = 4,4 \text{ km/uur}\end{aligned}$$

Hierin zijn: \bar{v} = gemiddelde snelheid (km/uur)
 v_{85} = 85%-snelheid (km/uur)
(1) = categorie 1
 VH = verhardingsbreedte (m)
 D = bochtigheid (dm/100 m)

VOORWOORD

In het kader van een gecombineerde scriptie voor de vakgroepen Cultuurtechniek en Weg- en Waterbouwkunde en Irrigatie van de Landbouwhogeschool Wageningen heb ik een onderzoek gedaan naar de invloed van weg- en omgevingskenmerken op de rijsnelheid van personenauto's op plattelandswegen. De resultaten van dit onderzoek zijn neergelegd in nota 1610 ICW.

Als vervolg hierop zijn nog enige aanvullende berekeningen uitgevoerd. Daarvan wordt in deze korte notitie verslag gedaan.

Wageningen, juni 1985

Alfons Lambregts

1. INLEIDING

In nota 1610 ICW (LAMBREGTS; 1985) worden de resultaten vermeld van een onderzoek naar de rijksnelheid van personenauto's op plattelandswegen. Door middel van lineaire regressie-analyse werd het verband tussen gemiddelde-en 85%-snelheid en diverse verklarende variabelen aangetoond.

Ondanks het uitgebreide waarnemingsmateriaal kon geen bevredigend model ter voorspelling van de snelheid opgesteld worden. Daarom werd besloten, in overleg met dhr. Otten van de vakgroep Wiskunde van de Landbouwhogeschool Wageningen, nog enkele aanvullende berekeningen uit te voeren. Daarbij werden de volgende stappen ondernomen:

1. Residuënonderzoek, uitgaande van de vergelijkingen die eerder werden gevonden in nota 1610 ICW.
2. Onderzoek naar het verband tussen de verklarende variabelen en de spreiding in de gemeten snelheden per meetpunt.
3. Het inbrengen van de variabelen doorzichtigheid van de weg-omgeving en aantal uitritten/100 m als factoren in de regressie berekeningen.
4. Niet lineaire regressie.
5. Toetsing van de voorspellende waarde van het verkregen model.

In hoofdstuk 2 wordt de idee die aan $1 \text{ t/m } 5$ ten grondslag ligt duidelijk gemaakt. Tevens worden de resultaten van de verschillende stappen beschreven.

2. AANVULLENDE BEREKENINGEN

2.1. Residuënonderzoek

Onder het residu wordt hier verstaan het verschil tussen gemeten en voorspelde snelheid voor een bepaalde meetsituatie.

Indien er een duidelijk verband bestaat tussen deze residuën en een der verklarende variabelen kan dit aanleiding geven tot het opnemen van een dergelijk verband in de regressievergelijking, om aldus de nauwkeurigheid van het model te vergroten.

Om dit te onderzoeken werden uitgaande van de vergelijkingen (68) en (57) voor groep I+II+III resp. groep IV (zie nota 1610 ICW) de residuën berekend en in een grafiek uitgezet tegen de verklarende variabelen.

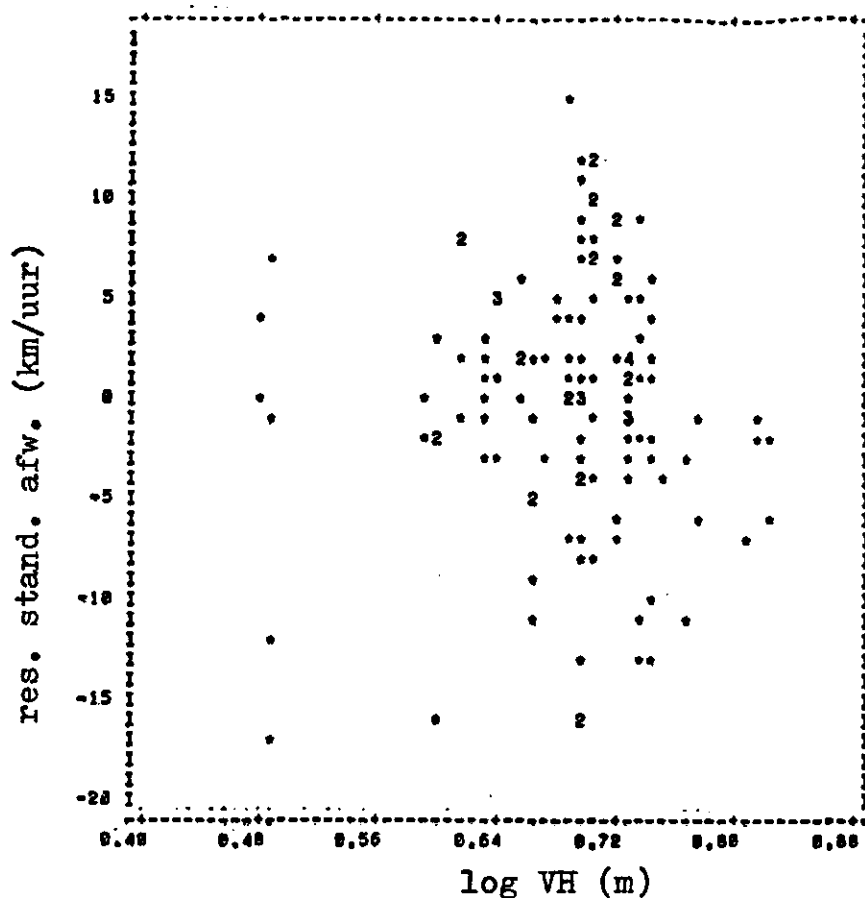


Fig. 1. Verband tussen residuële standaardafwijking van vergelijking (68) (nota 1610 ICW) en verhardingsbreedte; de punten liggen vrijwel symmetrisch om de nul-waarde van de residuële standaardafwijking

Het resultaat is steeds een puntenwolk waarin geen enkel duidelijk verband te ontdekken valt (zie fig. 1). Er is dan ook geen aanleiding het onderzoek op deze wijze voort te zetten.

Een andere manier om naar de residuën te kijken is door op de kaart (bijlage 1 nota 1610 ICW) na te gaan bij welke meetpunten de snelheid onderschat, dan wel overschat wordt. Dan blijkt dat op grond van kenmerken die voor een heel wegvak gelden de wegen waarop gemeten is in drie categoriën ingedeeld kunnen worden (zie bijlage 1):

1. Weinig bochtige wegen met weinig uitritten en een doorzichtige wegomgeving; de vergelijkingen (68) en (57) geven doorgaans een onderschatting van de hier werkelijk optredende snelheid.
2. Een tussengroep van wegen met wat meer uitritten, grotere bochtigheid en minder doorzichtige wegomgeving; (68) en (57) geven een redelijke voorspelling van de hier optredende snelheid.

3. Sterk bochtige wegen met veel uitritten en een doorzichtige wegomgeving; (68) en (57) geven een sterke overschatting van de hier werkelijk optredende snelheid.

Voor de verwerking van dit gegeven in het snelheidsmodel wordt verwezen naar 2.3.

2.2. Oorzaken van spreiding in gemeten snelheden per meetpunt

Per meetpunt, en ook per meetsituatie kunnen grote verschillen optreden in de gemeten snelheden per auto (soms van snelheden kleiner dan 40 km/uur tot snelheden groter dan 100 km/uur).

Voor de verkeersveiligheid op plattelandswegen is dit geen positief gegeven. Daarom is ook onderzocht of er een duidelijk verband bestaat tussen de verklarende variabelen en de spreiding in de gemeten snelheden per meetsituatie. Als maat voor deze spreiding werd gebruikt het verschil tussen de 75%- en de 25%-snelheid per meetsituatie. Dit is een betere maat voor de spreiding dan de steekproefstandaardafwijking, omdat extreem hoge en extreem lage snelheden buiten beschouwing gelaten worden. De resultaten van dit onderzoek bieden geen nieuwe inzichten in het snelheidsgedrag van automobilisten op plattelandswegen.

2.3. Behandeling van verklarende variabelen als factoren

In nota 1610 ICW wordt het effect van de verklarende variabelen doorzichtigheid van de wegomgeving en aantal uitritten/100m vóór het snelheidsmeetpunt onderzocht op grond van een indeling van de waarnemingen in vier groepen. De regressieberekeningen werden in eerste instantie op iedere groep afzonderlijk toegepast. Het is ook mogelijk een regressie-analyse uit te voeren waarbij de betreffende variabelen als factoren in de regressievergelijking ingebracht worden. De factoren introduceren daarmee verschillende niveau's voor de gemiddelde- of 85%-snelheid, waarop het effect van de overige variabelen op de snelheid vastgesteld kan worden.

Het voordeel hiervan is dat de regressie op het totale gegevensbestand uitgevoerd wordt, zodat de uitkomst een grotere betrouwbaarheid toegeschreven kan worden. Bovendien kan op meer betrouwbare wijze getoetst worden of de variabelen doorzichtigheid en uitritten een rol spelen bij de bepaling van de snelheid.

De regressievergelijking ziet er dan als volgt uit:

$$v = a + b + c X_1 + d X_2 \quad (1)$$

waarbij: v = de te verklaren snelheid (km/uur)

a, b = invloed van de factoren (verschillende niveau's)

X_1, X_2 = (overige) verklarende variabelen

In het geval van de factoren doorzichtigheid en uitritten kan aan iedere factor een aantal niveau's toegekend worden. De doorzichtigheid wordt hier in twee niveau's ingedeeld, namelijk doorzichtige- en ondoorzichtige wegomgeving. Bij de factor uitritten is hier dezelfde indeling gebruikt als in nota 1610 ICW, namelijk twee niveau's voor minder dan twee uitritten/100 m vóór het snelheidsmeetpunt en twee of meer uitritten/100 m vóór het snelheidsmeetpunt.

Met behulp van deze berekeningstechniek kon niet aangetoond worden dat de factoren doorzichtigheid en uitritten een rol spelen bij de bepaling van de snelheid op plattelandswegen. Voor het hele gegevensbestand bleken de bochtigheid en de verhardingsbreedte weer de belangrijkste verklarende variabelen te zijn.

Als volgende stap werd de driedeling waarover in 2.1 gesproken werd als factor behandeld. We zullen dit in het vervolg de wegvakfactor noemen. Per wegvak werd, op grond van de gemiddeld over dat wegvak geldende kenmerken bochtigheid, aantal uitritten en doorzichtigheid bepaald in welke categorie de op dat wegvak gelegen meetpunten ingedeeld moesten worden. Deze factor werd samen met de factoren doorzichtigheid en uitritten en de variabelen bochtigheid, zichtlengte, verhardingsbreedte, vrijebaanbreedte en bermbreedte in de regressieberekeningen ingebracht.

Met behulp van een voorwaartse selectie van variabelen (en factoren) werd bepaald welke combinatie van variabelen en factoren de nauwkeurigste voorspelling geeft van de gemiddelde- en 85%-snelheid van personenauto's op plattelandswegen. Bij voorwaartse selectie van variabelen wordt steeds die variabele aan de regressie vergelijking toegevoegd die de residuële standaardafwijking het sterkst verlaagt.

In dit geval werden achtereenvolgens de wegvakfactor en de variabelen verhardingsbreedte en bochtigheid aan de vergelijking toegevoegd. Voor de gemiddelde snelheid geeft dit de volgende vergelijkingen:

$$\bar{v} = 78,8(1) - 9,4(2) - 25,3(3) \quad r = 0,85 \quad (2)$$

$$S = 4,8 \text{ km/uur}$$

Voor de eerste categorie geldt dus een gemiddelde snelheid van 78,8 km/uur, voor categoriën 2 en 3 moeten hiervan resp. 9,4 en 25,3 km/uur afgetrokken worden.

Als aan deze vergelijking de variabele verhardingsbreedte toegevoegd wordt krijgen we het volgende resultaat:

$$\bar{v} = 48,1(1) - 8,2(2) - 23,0(3) + 42,8 \log VH \quad R = 0,89 \quad (3)$$

$$S = 4,1 \text{ km/uur}$$

En met toevoeging van de variabele bochtigheid:

$$\bar{v} = 50,1(1) - 7,8(2) - 19,9(3) + 40,7 \log VH - 0,129 D \quad (4)$$

$$R = 0,92$$

$$S = 3,6 \text{ km/uur}$$

Voor de 85%-snelheid wordt op dezelfde wijze de volgende vergelijking gevonden:

$$v_{85} = 59,4(1) - 9,5(2) - 21,9(3) + 46,8 \log VH - 0,184 D \quad (5)$$

$$R = 0,92$$

$$S = 4,4 \text{ km/uur}$$

Hierin zijn: \bar{v} = gemiddelde snelheid (km/uur)
 v_{85} = 85%-snelheid (km/uur)
 (1) = categorie 1
 VH = verhardingsbreedte (m)
 D = bochtigheid (dm/100 m)
 r = enkelvoudige correlatie coëfficiënt
 R = meervoudige correlatie coëfficiënt
 S = residuële standaardafwijking (km/uur)

Op dezelfde manier als in nota 1610 ICW kan met de F-toets aangetoond worden dat toevoeging van de verhardingsbreedte resp. de bochtigheid een significante verlaging van de residuële standaardafwijking betekenen.

Bij (4) en (5) is nu het effect van de verhardingsbreedte en de bochtigheid bepaald over alle waarnemingen, onafhankelijk van de wegvakfactor. Daarbij wordt dus aangenomen dat het effect van de verhardingsbreedte en de bochtigheid binnen elke categorie (dus op ieder snelheidsniveau) even groot is. Het is ook mogelijk het effect van deze variabelen afhankelijk te stellen van de wegvakfactor (interactie tussen variabele en factor). In

vergelijking (4) en (5) betekent dit dat verschillende coëfficiënten voor $\log V_H$ en D berekend worden voor ieder van de drie categoriën. De vergelijking wordt dan van de vorm:

$$v = a(1) + a(2) + a(3) + b(1)\log V_H + b(2)\log V_H + b(3)\log V_H + c(1)D + c(2)D + c(3)D \quad (6)$$

Voor een dergelijke analyse is het waarnemingsmateriaal echter te beperkt, zodat al gauw toevalligheden in het model geïntroduceerd kunnen worden. Daarom beperken we ons hier tot eerder genoemd, eenvoudiger model (uit de berekeningen blijkt dat introductie van de interactie tussen verhardingsbreedte en bochtigheid enerzijds, en de wegvakfactor anderzijds geen significante verlaging van de residuële standaardafwijking t.o.v. dit eenvoudiger model tot gevolg heeft).

2.4. Niet lineaire regressie

Bij de lineaire regressie analyse wordt aangenomen dat het effect van een variabele op de snelheid onafhankelijk is van de waarde van de overige variabelen (de effecten van de variabelen zijn additief). In het geval van de variabelen bochtigheid en verhardingsbreedte kan men zich voorstellen dat het effect van de verhardingsbreedte op de snelheid kleiner wordt bij toenemende bochtigheid (zie fig. 2).

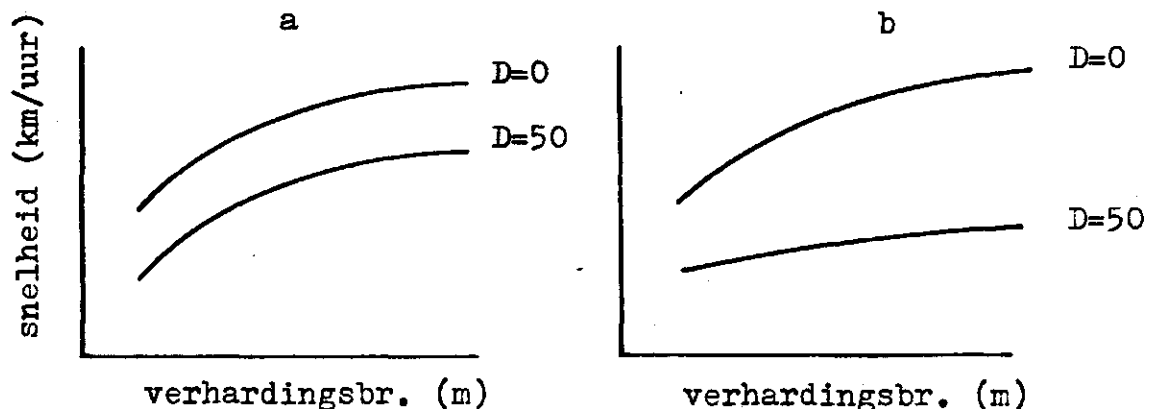


Fig. 2. Effect van verhardingsbreedte op de snelheid: a. onafhankelijk van de bochtigheid; b. kleiner bij grotere bochtigheid

Getracht werd een dergelijk effect aan te tonen door het berekenen van een formule van de vorm:

$$\bar{v} = \frac{a}{1+bD} V_H + c V_H D \quad (7)$$

Hierbij zijn: a, b, c = coëfficiënten

V_H = verhardingsbreedte (m)

D = bochtigheid (dm/100 m)

De coëfficiënten van dit niet-lineaire regressiemodel werden berekend in een optimalisatie proces. Daarbij werd door stapsgewijze aanpassing van de coëfficiënten (iteratie) het minimum van de te optimaliseren functie (in dit geval de rest-kwadraatsom van de residuën) bepaald.

De resultaten van deze berekeningen duiden niet op het hier veronderstelde verband tussen verhardingsbreedte en bochtigheid bij de bepaling van de snelheid van personenauto's op platte-landswegen.

Op boven beschreven manier kan men een groot aantal mogelijke vergelijkingen "proberen". Mede gezien de resultaten in 2.3. acht ik het niet zinvol het onderzoek op deze manier voort te zetten.

2.5. Toetsing van het verkregen snelheidsmodel

Een goede maat voor de nauwkeurigheid van het verkregen snelheidsmodel is de residuële standaardafwijking (S in km/uur).

Bij het hier gepresenteerde, meest nauwkeurige model (vergelijkingen 4 en 5) is de residuële standaardafwijking al beduidend kleiner dan bij het in nota 1610 ICW beschreven snelheidsmodel. De vraag komt dan op wat de ondergrens is van de residuële standaardafwijking die (theoretisch) bereikt kan worden.

Bij dit onderzoek werd op 10 meetpunten twee maal gemeten. Dit betekent dat voor 20 meetsituaties twee verschillende waarden van de gemiddelde- en 85%-snelheid gemeten zijn.

Als ondergrens voor de residuële standaardafwijking kan nu de waarde van de volgende functie berekend worden:

$$\frac{(v_{1i} - v_{2i})^2 / 2}{20} \quad (8)$$

Waarbij: $v_{1i} - v_{2i}$ = het verschil tussen de twee verschillende gemeten waarden voor de gemiddelde- resp. 85%-snelheid per meetsituatie (i)

Voor de gemiddelde- en 85%-snelheid resulteren een ondergrens voor de residuële standaardafwijking van 2,4 resp. 3,4 km/uur.

Vergelijkingen (4) en (5) geven een residuële standaardafwijking van 3,6 resp. 4,4 km/uur. Gezien de enorm wisselende omstandigheden die men op plattelandswegen kan treffen,

en waarvan er hier een aantal buiten beschouwing gelaten zijn (bijv. verkeersintensiteit, weersomstandigheden, ritmotief) is het bereikte resultaat erg goed. Om te controleren of hier niet sprake is van een toevalstreffer, is dezelfde berekeningsprocedure toegepast op een gedeelte van het waarnemingsmateriaal.

Door loting met behulp van een lotingstabel werd bepaald of een meetsituatie wel of niet bij de berekening betrokken werd. Voor de gemiddelde snelheid resulteerde het volgende model:

$$\bar{v} = 50,8(1) - 8,0(2) - 22,0(3) + 39,5 \log VH - 0,158 D \quad (9)$$

$$R = 0,92$$

$$S = 3,4 \text{ km/uur}$$

Deze vergelijking is vrijwel gelijk aan (4). Er mag dan ook geconcludeerd worden dat het beschreven model voldoende betrouwbaar en bovendien redelijk nauwkeurig is.

Hier dient even stil gestaan te worden bij het feit dat in nota 1610 ICW de waarnemingspunten waar twee maal gemeten werd, ook als twee aparte waarnemingspunten bij de berekeningen betrokken werden. Daarmee loopt men in principe het risico dat, bij extreme combinatie van omstandigheden op de betreffende meetpunten, aan zekere variabelen een groter (of kleiner) effect wordt toegeschreven dan gerechtvaardigd is.

Om te controleren of hiervan sprake is zijn de berekeningen van nota 1610 ICW herhaald, waarbij de gegevens van de genoemde meetpunten samengevoegd werden tot een gemeenschappelijk gemiddelde- en 85%-snelheid. Het verschil met de eerder gevonden vergelijkingen bleek miniem te zijn. Bij de aanvullende berekeningen is ook gewerkt met de gemeenschappelijke gemiddelde- en 85%-snelheid voor deze meetpunten. Zodoende zijn de bereikte resultaten gebaseerd op 149 verschillende meetsituaties.

3. CONCLUSIES

Door invoering van de wegvakfactor in de regressie vergelijking wordt een duidelijk nauwkeuriger voorspelling van de gemiddelde- en 85%-snelheid verkregen dan bij eerdere berekeningen het geval was. Samen met de variabelen verhardingsbreedte en bochtigheid wordt één vergelijking gevonden voor het totale waarnemingsmateriaal. De correlatie coëfficiënt van 0,92 betekent dat 85% van de variantie in de gemiddelde- en 85%-snelheid met behulp van het gevonden model verklaard kan worden.

De conclusie die hieruit getrokken kan worden is dat het snelheidsgedrag van automobilisten op plattelandswegen voor een groot gedeelte bepaald wordt door kenmerken die gelden voor een heel wegvak (zie 2.1.). De totale indruk die men, al rijdend, van zijn omgeving krijgt heeft een grotere invloed op de rij-snelheid dan plaatselijk wisselende omstandigheden.

Voor de reconstructie van wegen betekent dit dat vrij forse ingrepen nodig zijn, alvorens de gemiddelde- en 85%-snelheid wezenlijk zullen veranderen. Bijvoorbeeld: verbreding van de verharding van 5,0 tot 6,0 m, bij overigens gelijk blijvende omstandigheden, heeft volgens het model een snelheidsverhogend effect van ca. 3 km/uur voor de gemiddelde snelheid en van ca. 4 km/uur van de 85%-snelheid.

De gebruikte indeling van de wegvakfactor in drie categorieën is vrij grof en subjectief. Het is dan ook in een aantal gevallen moeilijk te bepalen in welke categorie wegen een bepaald wegvak ingedeeld moet worden. Onderzoek naar bruikbare criteria voor deze indeling lijkt gewenst.

4. VOORTZETTING VAN HET ONDERZOEK

Op grond van de door de aanvullende berekeningen verkregen inzichten lijkt het gewenst een eventueel vervolg op dit snelheidsonderzoek te richten op het opstellen van criteria voor de indeling van wegen in verschillende snelheids categorieën.

Hoewel met dit onderzoek aangetoond is dat de wegomgeving een belangrijke rol speelt bij de bepaling van de snelheid van personenauto's op plattelandswegen, is nog geen methode voorhanden om deze wegomgeving eenduidig in "waarden" uit te drukken. Zolang een dergelijke methode niet beshikbaar is mag niet verwacht worden dat een beduidend nauwkeuriger model ter voorspelling van de gemiddelde- en 85%-snelheid opgesteld kan worden.

Heeft men de genoemde criteria eenmaal ter beschikking, dan verdient het ook aanbeveling, vergelijkingen als (4) en (5) op te stellen voor het gecombineerde effect van de wegvakfactor en de variabelen vrijebaanbreedte resp. zichtlengte en berm-breedte.

BIJLAGE 1

INDELING VAN DE MEETPUNTEN IN DRIE CATEGORIEN

meetpunt	categorie	meetpunt	categorie	meetpunt	categorie
1	1	26	1	51	1
2	3	27	2	52	2
3	3	28	2	53	2
4	1	29	2	60	3
5	2	30	2	61	1
6	2	31	2	62	3
7	2	32	2	63	1
8	2	33	2	64	3
9	1	34	2	65	3
10	1	35	2	66	1
11	1	36	2	72	2
12	3	37	2	73	2
13	3	38	2	74	2
14	3	39	1	75	2
15	3	40	2	77	2
16	2	41	2	78	2
17	3	42	2	81	2
18	2	43	2	82	1
19	2	44	2	83	2
20	2	45	2	84	2
21	2	46	2	85	2
22	2	47	2	86	2
23	2	48	2	87	2
24	1	49	3	90	1
25	1	50	1	91	1